CHINA RAILWAY DESIGN CORPORATION
КОСТЕ РАЦИНА 16б, 11000 БЕОГРАД
САОБРАЋАЈНИ ИНСТИТУТ ЦИП д.о.о.
11000 БЕОГРАД, НЕМАЊИНА 6/IV
тел: 011/3618-134, факс: 011/3618-324,
web site: www.sicip.co.rs

2/1.1.20.1 НАСЛОВНА СТРАНА

2/1. ПРОЈЕКАТ КОНСТРУКЦИЈА

Инвеститор:	„Инфраструктура Железнице Србије“ а.д. Немањина 6/4, Београд
Наручилац:	Конзорцијум фирми: China Railway International Corporation Ltd. China Communication Construction Company Ltd. (CCCC)
Објекат:	Пруга Београд - Суботица државна граница (Келебија), **ДЕОНИЦА ПРУГЕ НОВИ САД - СУБОТИЦА - ДРЖАВНА ГРАНИЦА (КЕЛЕБИЈА),** у Новом Саду, Кисачу, Степановићеву, Змајеву, Врбасу, Ловћенцу, Малом Иђошу, Бачкој Тополи, Жеднику, Наумовићеву и Суботици, К.О. Нови Сад I, К.О. Нови Сад IV, К.О. Кисач, К.О. Руменка, К.О. Степановићево, К.О. Ченеј, К.О. Бачко Добро Поље, К.О. Врбас, К.О. Врбас - град, К.О. Змајево, К.О. Куцура, К.О. Ловћенац, К.О. Мали Иђош, К.О. Фекетић, К.О. Бачка Топола, К.О. Бачка Топола - Град, К.О. Мали Београд, К.О. Биково, К.О. Доњи Град, К.О. Жедник, К.О. Нови Град, К.О. Палић, К.О. Стари Град, на катастарским парцелама према списку приложеном у Главној свесци
Врста техничке документације:	**ПГД-** Пројекат за грађевинску дозволу
Назив и ознака дела пројекта:	**ПРОЈЕКАТ КОНСТРУКЦИЈА -** **2/1.1.20 Пројекат моста на км 110+351.21**
За грађење / извођење радова:	Нова градња
Пројектант:	China Railway Design Corporation Serbia Ogranak Beograd Косте Рацина 16б 11000 Београд, Србија
Одговорно лице пројектанта:	Генерални директор: 耿欣 (Генг Ксин)
Потпис:	XIN GENG Digitally signed by XIN GENG Date: 2021.08.03 09:53:35 +02'00'
Одговорни пројектант:	Зоран Луковић, дипл. грађ. инж. Лиценца број: 310 3032 03
Потпис:	ЗОРАН ЛУКОВИЋ 011041396 Sign Digitally signed by ЗОРАН ЛУКОВИЋ 011041396 Sign Date: 2021.08.01 14:12:51 +02'00'
Број дела пројекта:	2020-001-ГС-2/1.1.20
Место и датум:	Београд, април 2021.год.

CeS.TRA

ТЕХНИЧКА КОНТРОЛА ПРОЈЕКТА ЗА ГРАЂЕВИНСКУ ДОЗВОЛУ

2/1-1.20 ПРОЈЕКАТ МОСТА НА km 110+351.21

Објекта: Пруга Београд - Суботица - државна граница (Келебија), **ДЕОНИЦА ПРУГЕ НОВИ САД - СУБОТИЦА - ДРЖАВНА ГРАНИЦА (КЕЛЕБИЈА)**, у Новом Саду, Кисачу, Степановићеву, Змајеву, Врбасу, Ловћенцу, Малом Иђошу, Бачкој Тополи, Жеднику, Наумовићеву и Суботици, К.О. Нови Сад I, К.О. Нови Сад IV, К.О. Кисач, К.О. Руменка, К.О. Степановићево, К.О. Ченеј, К.О. Бачко Добро Поље, К.О. Врбас, К.О. Врбас - град, К.О. Змајево, К.О. Куцура, К.О. Ловћенац, К.О. Мали Иђош, К.О. Фекетић, К.О. Бачка Топола, К.О. Бачка Топола - Град, К.О. Мали Београд, К.О. Биково, К.О. Доњи Град, К.О. Жедник, К.О. Нови Град, К.О. Палић, К.О. Стари Град, на катастарским парцелама према списку приложеном у Главној свесци, на основу Закона о планирању и изградњи („Службени гласник РС” бр. 72/09, 81/09 – исправка, 64/10 – одлука УС, 24/11, 121/12, 42/13 – одлука УС, 50/13 – одлука УС, 98/13 – одлука УС, 132/14, 145/14, 83/18, 31/19, 37/19 - др. Закон, 9/20 и 52/21) и одредби Правилника о садржини, начину и поступку израде и начину вршења контроле техничке документације према класи и намени објеката (“Службени гласник РС”, бр. 73/2019), извршена је техничка контрола предметне документације, од стране предузећа CESTRA d.o.o. Београд.

ПРОЈЕКАТ СЕ ПРИХВАТА

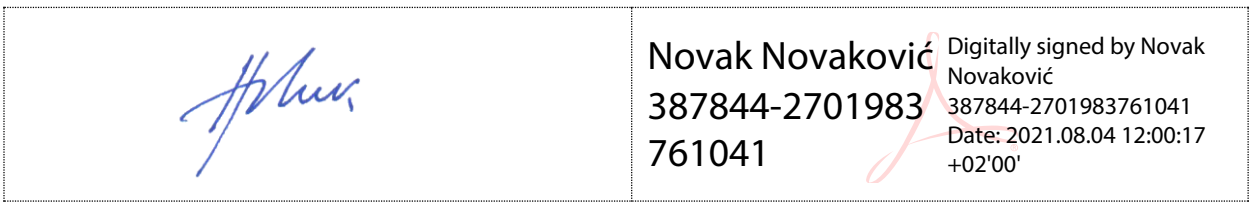
Вршилац техничке контроле: CESTRA d.o.o,
Макензијева 57, Београд
Број лиценце: 351-02-03374/2020-09 од 18.03.2021.

Одговорно лице/Заступник: Директор:
Драган Милић, дипл.грађ.инж.

Потпис:

Вршилац техничке контроле: Зорица Стојиљковић Којић, дипл.грађ.инж.
Број лиценце: 310 5609 03
Потпис:

Вршилац техничке контроле: „ДЕЛ ИНГ“ д.о.о. – Београд
Број лиценце: 351-02-01775/2019-07 од 23.04.2021.
Вршилац техничке контроле: Новак Новаковић, дипл.грађ.инж.
Број лиценце: 310 К201 11
Потпис:



Број техничке документације: А10312-61/21

Место и датум: Београд, 2021.

2/1.1.20.2 САДРЖАЈ

2/1.1.20.1	Насловна страна	
2/1.1.20.2	Садржај	
2/1.1.20.3	Решење о одређивању одговорног пројектанта	
2/1.1.20.4	Изјава одговорног пројектанта	
2/1.1.20.5	Текстуална документација	
2/1.1.20.5.1	Технички опис	
2/1.1.20.6	Нумеричка документација	
2/1.1.20.6.1	Статички прорачун	
2/1.1.20.6.2	Прорачун интеракције колосек - мост	
2/1.1.20.6.3	Предмер и предрачун радова	
2/1.1.20.7	Графичка документација	
Цртежи	Назив цртежа	Размера
2020-001-ГС-2/1.1.20.7-Ц01	Ситуациони план	1:250
2020-001-ГС-2/1.1.20.7-Ц02	Изглед моста	1:100
2020-001-ГС-2/1.1.20.7-Ц03	Диспозиција	1:100
2020-001-ГС-2/1.1.20.7-Ц04	Попречни пресеци	1:50
2020-001-ГС-2/1.1.20.7-Ц05	Оплата стуба С1	1:50
2020-001-ГС-2/1.1.20.7-Ц06	Оплата стуба С2	1:50

2/1.1.20.3 РЕШЕЊЕ О ОДРЕЂИВАЊУ ОДГОВОРНОГ ПРОЈЕКТАНТА

На основу Члана 128, Закона о планирању и изградњи ("Службени гласник РС", бр. 72/09, 81/09-исправка, 64/10- одлука УС, 24/11, 121/12, 42/13-одлука УС, 50/13-одлука УС, 98/13-одлука УС, 132/14, 145/14, 83/2018, 31/2019, 37/2019 - др.закон и 9/2020) и одредби Правилника о садржини, начину и поступку израде и начину вршења контроле техничке документације према класи и намени објеката ("Службени гласник РС", бр. 73/2019) као:

О Д Г О В О Р Н И П Р О Ј Е К Т А Н Т

за израду **ПРОЈЕКТА КОНСТРУКЦИЈА - 2/1.1.20 Пројекат моста на км 110+351.21**, који је део ПГД - Пројекта за грађевинску дозволу за изградњу пруге Београд - Суботица државна граница (Келебија), **ДЕОНИЦА ПРУГЕ НОВИ САД - СУБОТИЦА - ДРЖАВНА ГРАНИЦА (КЕЛЕБИЈА)**, у Новом Саду, Кисачу, Степановићеву, Змајеву, Врбасу, Ловћенцу, Малом Иђошу, Бачкој Тополи, Жеднику, Наумовићеву и Суботици, К.О. Нови Сад I, К.О. Нови Сад IV, К.О. Кисач, К.О. Руменка, К.О. Степановићево, К.О. Ченеј, К.О. Бачко Добро Поље, К.О. Врбас, К.О. Врбас - град, К.О. Змајево, К.О. Куцура, К.О. Ловћенац, К.О. Мали Иђош, К.О. Фекетић, К.О. Бачка Топола, К.О. Бачка Топола - Град, К.О. Мали Београд, К.О. Биково, К.О. Доњи Град, К.О. Жедник, К.О. Нови Град, К.О. Палић, К.О. Стари Град, на катастарским парцелама према списку приложеном у Главној свесци, одређује се:

Зоран Луковић, дипл.грађ.инж. _____310 3032 03

Пројектант:	CHINA RAILWAY DESIGN CORPORATION SERBIA OGRANAK BEOGRAD, Косте Рацина 16б
Одговорно лице/заступник:	Генерални директор: Генг Ксин, дипл.инж.
	Потпис:
Број техничке документације:	2020-001-ГС-2/1.1.20
Место и датум:	Београд, април 2021.год.

2/1.1.20.4 ИЗЈАВА ОДГОВОРНОГ ПРОЈЕКТАНТА

Одговорни пројектант пројекта **ПРОЈЕКТА КОНСТРУКЦИЈА - 2/1.1.20 Пројекат моста на км 110+351.21** који је део ПГД - Пројекта за грађевинску дозволу за изградњу пруге Београд - Суботица државна граница (Келебија), **ДЕОНИЦА ПРУГЕ НОВИ САД - СУБОТИЦА - ДРЖАВНА ГРАНИЦА (КЕЛЕБИЈА)**, у Новом Саду, Кисачу, Степановићеву, Змајеву, Врбасу, Ловћенцу, Малом Иђошу, Бачкој Тополи, Жеднику, Наумовићеву и Суботици, К.О. Нови Сад I, К.О. Нови Сад IV, К.О. Кисач, К.О. Руменка, К.О. Степановићево, К.О. Ченеј, К.О. Бачко Добро Поље, К.О. Врбас, К.О. Врбас - град, К.О. Змајево, К.О. Куцура, К.О. Ловћенац, К.О. Мали Иђош, К.О. Фекетић, К.О. Бачка Топола, К.О. Бачка Топола - Град, К.О. Мали Београд, К.О. Биково, К.О. Доњи Град, К.О. Жедник, К.О. Нови Град, К.О. Палић, К.О. Стари Град, на катастарским парцелама према списку приложеном у Главној свесци:

Зоран Луковић, дипл. грађ.инж.

И З Ј А В Љ У Ј Е М

1. да је пројекат у свему у складу са издатим Локацијским условима:

-бр.ROP-MSGI-28188-LOCH-4/2020, Заводни број: 350-02-00031/2020-14 од 06.04.2020,

-бр.ROP-MSGI-28188-LOCH-4/2020, Заводни број: 350-02-00031/2020-14 од 07.04.2020 - Решење о исправци грешке,

-бр.ROP-MSGI-7141-LOC-1/2020, Заводни број: 350-02-00109/2020-14 од 08.05.2020,

-бр.ROP-MSGI-931-LOC-3/2020, Заводни број: 350-02-00192/2020-14 од 29.05.2020;

2. да је пројекат израђен у складу са Законом о планирању и изградњи, прописима, стандардима и нормативима из области изградње објеката и правилима струке;

3. да је пројекат у свему у складу са начинима за обезбеђење испуњења основних захтева за објекат прописаних елаборатима и студијама.

Одговорни пројектант:	Зоран Луковић, дипл. грађ. инж.
Број лиценце:	310 3032 03
	Потпис:
Број техничке документације:	2020-001-ГС-2/1.1.20
Место и датум:	Београд, април 2021.год.

2/1.1.20.5 ТЕКСТУАЛНА ДОКУМЕНТАЦИЈА

2/1.1.20.5.1 ТЕХНИЧКИ ОПИС

ТЕХНИЧКИ ИЗВЕШТАЈ

1. Увод

Идејним пројектом реконструкције, Модернизација, реконструкција и изградња пруге Београд – Суботица државна граница (Келебија), деоница пруге Нови Сад – Суботица – државна граница (Келебија), за брзину до 200 km/h, на стационажи km 110+351.21, пројектован је нови мост који премошћује канал Бечеј-Богојево.
Пројекат мостовске конструкције урађен је на основу усвојеног Идејног пројекта, усвојених техничких параметара и саобраћајног решења трасе, постојећег стања пруге, геодетског елабората, хидротехничких подлога, елабората о геотехничким условима.

2. Диспозиција

Пројектом је предвиђен двоколосечни мост, који у једном распону премошћује канал. Мост је у статичком смислу решеткаста проста греда распона 63m. Статичка висина решетке је h= 8.675m. Главни носачи моста су на осовинском распону од 10.48m, а чине их горњи појасеви, доњи појасеви и дијагонале. Карактериатично за доње појасеве је то што су осим затежућим силама изложени и моментима савијања. Попречни пресек доњег појаса је формиран као кутијасти – проходан. Унутрашње димензије доњег појаса су 800x1400mm. Горњи појас је обликован као отворен – шешираст пресек. Све дијагонале су усвојене са отвореним I пресеком, што омогућава извођење заварених веза дијагонала за појасне штапове (приступ завареној вези са обе стране). Главни носачи су у нивоу доњег појаса повезани попречним носачима, а у горњи појасеви су повезани спрегом за ветар. Попречни носачи су заварени штапови I пресека спрегнути са армирано бетонском коловозном плочом дебљине 30cm. Средства за спрезање су можданици типа чеп са главом.

Траса пруге је у зони моста је у правцу гледано у основи, док је нивелета пруге у благом паду према стубу S2.
Диспозиционим решењем остварено је:

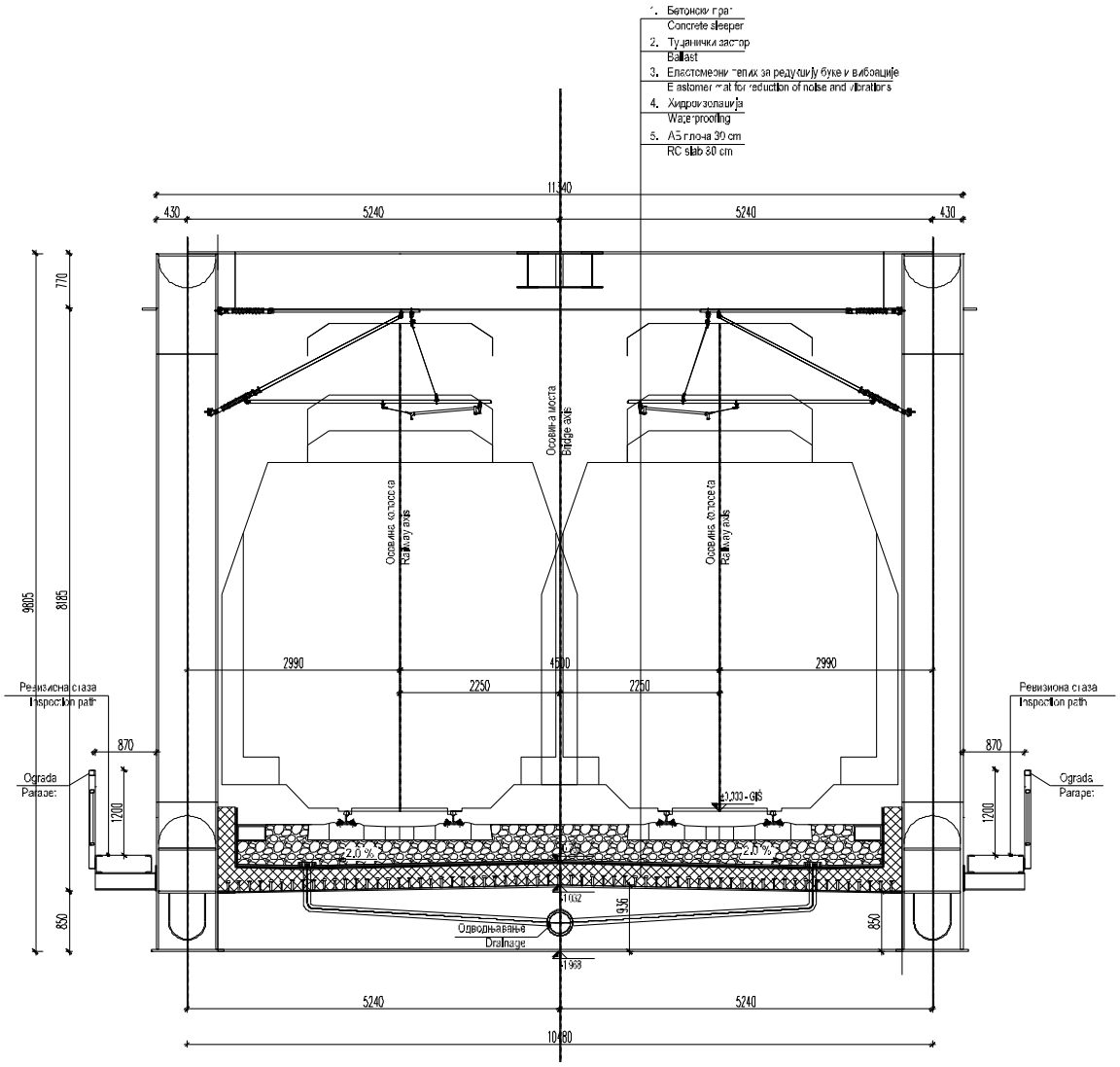
- Захтевани пловни профил > 14.4m
- Растојање доње ивице конструције и терена испод моста > 3.5m.
- Могућност монтаже на обали и нагуравања у финални положај.

Колосеци су на осовинском растојању од 4.5m. Армирано бетонска плоча са ивичним парапетима формира корито за смештање туцаничког застора.
Мост је опремљен системом за одводњавање. Систем чине сливници и цеви за одводњавање које су смештене испод коловозне плоче и пролазе кроз посебне отворе на попречним носачима.
Преко коловозне плоче изводи се прскана хидроизолација типа ММА, преко које се поставља еластомерни тепих за редукцију буке и вибрација. Застор на ревизионим стазама изводи се у виду хабајућег водонепропусног пртив-клизног слоја дебљине 4mm.
Мост је опремљен Ревизионим стазама ширине 87cm на оба главна носача.

У односу на Идејни пројекат, а у циљу побољшања карактеристика мостовске конструкције начињене су следеће измене:

- Проширен је попречни пресек доњег појаса решетке, те је сад доњи појас проходна кутија и постоји могућност извођења попречних укрућења, а заварени спојеви су приступачни са обе стране што обезбеђује вишу класу споја на замор,
- Измењен је облик попречног пресека горњег појаса решетке. Уместо кутијастог усвојен је шешираст попречни пресек, а на тај начин омогућен је приступ завареним спојевима са обе стране што обезбеђује вишу класу споја на замор,

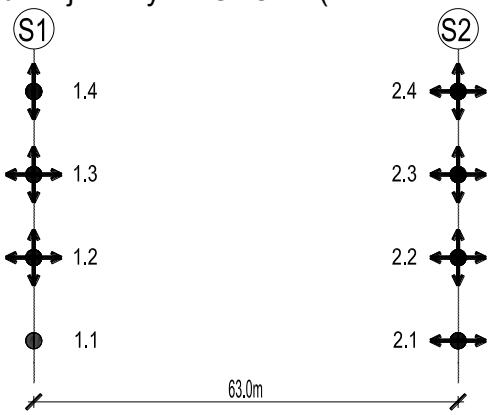
- Промењен је осовински размак између попречних носача и сада износи 3500mm, уместо 1750mm колико је било у идејном пројекту. Овим је отклоњена примедба Републичке ревизионе комисије на Идејни пројекат, којом је тражено да се рационализују попречни носачи.
- На обалним стубовима су додата по два лежишта испод колосека чиме је задовољен услов вертикалног померања краја плоче у односу на стуб (СРПС ЕН 1991-2 т. 6.5.4.5.2).



Попречни пресек моста

Лежишта

Усвојена су NEOTOPF (лончаста лежишта) са следећим распоредом:



Испод крајњих попречних носача, а у оси колосека су постављена додатна лежишта како би се остварили захтеви у смислу вертикалних угиба крајева плоче у односу на стуб. Ова лежишта се уграђују након монтаже челичне конструкције, а пре бетонирања коловозне плоче. Силе које се јављају у овим лежиштима од масе коловозне плоче нису велике, а спречавају сваку могућност негативне силе у експлоатацији. Лежишта морају у свему задовољити одредбе стандарда ЕН СРПС 1337.

3. Фундирање

На основу података и препорука из "Елабората о геотехничким условима" фундирање мостовске конструкције предвиђено је на шиповима.

Предвиђени су шипови Ø1200 дужине L=17m. Максимална номинална сила у шиповима су границама дозвољених које су дефинисане у Геомеханичком елаборату.

4. Примењени материјали

Елемент	Материјал	Коментар
Главна челична конструкција	S355	Додатне ознаке су дефинисане у графичкој и нумеричкој документацији
АБ коловозна плоча,	C35/45	Класа изложености: XC3, XD1, XF1, V-II
Наглавне греде, шипови	C30/37	Класа изложености: XC2, XA1, V-II
Стубови	C30/37	Класа изложености: XC4, XD3, XA1, V-III, MS-S2
Можданици	SD1	Према: ISO13918:2007
Арматура	B500B	Важи за све бетонске елементе

Иза стубова моста, формирају се шљунчани клинови комбинацијом цементне стабилизације и гранулисаног шљунка који се изводи у слојевима дебљине 30cm, са набијањем до прописаног модула стишљивости. За формирање шљунчаних клинова испред и иза моста коришћене су препоруке у складу са немачким смерницама ZTVE-StB и UIC719

5. Статички прорачун

Статички прорачун спроведен је коришћењем програмског пакета "TOWERPRO" фирме "RADIMPEX" из Београда. Конструкција је анализирана у више тродимензионалних модела. Опширнији опис статичких модела дат је у статичком прорачуну.
Анализа оптерећења урађена је према важећим српским стандардима – СРПС ЕН 1991 – 1 (2) и њиховим националним прилозима.

Пројектом разматрана су следећа оптерећења:

– Сопствена тежина конструкције, запреминска тежина материјала у складу са СРПС ЕН 1991-1-1;

– Додатно стално оптерећење, тежине елемената колосека као и запреминска тежина материјала усвојене су у складу са СРПС ЕН 1991-1-1, Табеле А.1 и А.6;

- Хоризонтални притисци тла одређени су у складу са одредбама стандарда СРПС ЕН 1997-1;

– Скупљање бетона;

- Железничко саобраћајно оптерећења у свему према стандарду СРПС ЕН 1991-2, поглавље 6.

- Вертикално саобраћајно оптерећење

Шеме оптерећења LM71 и SW/2, за анализу статички утицаји услед железничког саобраћаја на пругама нормалног колосека (СРПС ЕН 1991-2, 6.3.2). Динамички коефицијент Ф3 за шему оптерећења LM71 према СРПС ЕН 1991-2, 6.4.5.2:

Шема оптерећења "празни вагони", за контролу стабилности у случају када се на конструкцији налази воз са неоптерећеним вагонима, према поглављу 6.3.4 стандарда СРПС ЕН 1991-2, усвојена је као вертикално расподељено оптерећење qkv=10.0kN/m

Еквивалентно саобраћајно оптерећење за прорачун притисака земље на обалне стубове према поглављу 6.3.6.4 стандарда СРПС ЕН 1991-2.

Корисно оптерећења на ревизионим стазама усвојено је сходно поглављу 6.3.7 стандарда СРПС ЕН 1991-2, као ревномерно распоређено површинско оптерећење од qfk=5kN/m2 по целој ширини стазе.

- Хоризонтално саобраћајно оптерећење

Центрифугална сила (СРПС ЕН 1991-2, 6.5.1)

Сила бочног удара (СРПС ЕН 1991-2, 6.5.2)

Силе од кочења и покретања (СРПС ЕН 1991-2, 6.5.3)

- Оптерећења услед дејства температуре (СРПС ЕН 1991-1-5 и СРПС ЕН 1991-1-5/НА);

- Оптерећење ветром (СРПС ЕН 1991-1-4 и СРПС ЕН 1991-1-4/НА);

- Сеизмичко оптерећење (СРПС ЕН 1998-1, СРПС ЕН 1998-2 и СРПС ЕН 1998-5)

Пројектно сеизмичко оптерећење мостова одредиће се еквивалентном линеарном методом за пројектни еластични спектар одговора према поглављу 3.2.2.5 стандарда СРПС ЕН 1998-1, за коефицијент значаја γ_I=1.3 и класу значаја III, а за повратни период T_{NCR}=475 година. Гранични коефицијент β=0.2 (СРПС ЕН 1998-1/НА, Тачка 2.11).
За фактор понашања усвојено је q=1.0.
За локацију моста примењује се тип 1 еластичног спектра одговора (СРПС ЕН 1998-1/НА, Тачка 2.9), за тло типа "С".

Еквивалентна статичка сеизмичка сила одређена је применом методе основног мода, уз комбиновање компоненти сеизмичког дејства за два разматрана правца (СРПА ЕН 1998-2, 4.2.2.1 и 4.2.1.4).

Пројектно убрзање тла на тлу типа А ag=0.05·g (СРПС ЕН 1998-1/НА, Табела А.1).
Сеизмички притисак тла одређен је применом поједностављене анализе (СРПС ЕН 1998-5, Прилог Е).

Комбинације оптерећења за контролу граничног стања носивости и употребљивости формиране су у свему према СРПС ЕН 1990 и СРПС ЕН 1990/НА.

Преглед основних критеријума код граничних стања употребљивости

Критеријум	***Захтевано***	***Остварено***	***Норма***
Вертикалне деформације плоче	$\delta_v < L/600$	$\delta_v = L/926$	СРПС ЕН 1990 А2.4.4.2.3
Ротације крајева плоче	$\theta_{LM71} < 3.5\cdot10^{-3} rad$ $\theta_T < 3.5\cdot10^{-3} rad$	$\theta_{LM71} = 3.2\cdot10^{-3} rad$ $\theta_T = /rad$	СРПС ЕН 1990 А2.4.4.2.3
Вертикална убрзања плоче	$b_v < 2$-прихватљив ниво $b_v < 1$-врло добар ниво	$b_v < 1$	СРПС ЕН 1990 А2.4.4.3.1
Уврtање плоче	$t < 3mm$	$t = 1mm$	СРПС ЕН 1990 А2.4.4.2.2
Попречне фреквенције	$f_1 > 1.20Hz$	$f_1 = 2.43Hz$	СРПС ЕН 1990 А2.4.4.2.4
Хоризонтално померање плоче услед кочења и покретања	$\delta_b < 5mm$	$\delta_b = 4.6mm$	СРПС ЕН 1991-2 6.5.4.5.2
Подужно померање краја плоче услед вертикалног оптерећења	$b_v < 10mm$-за мостове без шинске дилатације	$b_v = 9.48mm$	СРПС ЕН 1991-2 6.5.4.5.2
Вертикално померање краја плоче у односу на стуб, услед вертикалног оптерећења	$\delta_v < 3mm$	$\delta_v = 1.82mm$	СРПС ЕН 1991-2 6.5.4.5.2

6. Извођење радова

Извођење радова је замишљено на следећи начин:

- Припремни радови
- Земљани радови, фундаменти и стубови до одређене коте, греде за нагуравање конструкције се изводе истовремено са израдом челичне конструкције у радионици.
- Монтажа челичне конструкције на обали (фазе монтаже челичне конструкције дате су у графичкој документацији).
- Израда речних јармова за нагуравање конструкције.
- Нагуравање челичне конструкције и спуштање у финални положај са уградњом лежишта.
- Бетонирање коловозне плоче.
- Рушење греда за нагуравање и уклањање речних јармова.
- Завршетак земљаних радова и радова на изради стуба
- Остали – завршни радови:
    - Уградња дилатационих спојница
    - Хидроизолација
    - Заштита од корозије
    - Испитивање моста пробним оптерећењем

Одговорни пројектант:
Зоран Луковић, дипл.грађ.инж.
лиценца бр. 310 3032 03

TECHNICAL REPORT

1. Introduction

As a part of Preliminary Design for the reconstruction and modernization of the railway line Belgrade-Subotica state border (Kelebija), part Novi Sad - Subotica state border (Kelebija) for the design speed up to 200 km/h, at the chainage km110+351.21, new bridge over the canal Becej-Bogojevo has bean designed.
This Construction Permit Design of the bridge structure was developed based on the approved Preliminary Design, adopted technical parameters, traffic solution, the existing condition of the railway, geodetic survey, hydrotechnical design, report on geotechnical.

2. Layout

Design foresees two track bridge that crosses the river in the single span. Structurally, the bridge represents truss simply supported beam with 63.0m span. Height between top and bottom chord is 8.675m. Spacing between axis of Main is 10.48m, and they are made of top chord, bottom chord and diagonals. Bottom chord are subjected to bending moments beside tension. Cross section of bottom chord is box section. Inner dimensions of bottom chord ara 800x1400mm. Top chord is formd as open – hat like section. All diagonals are with open I section, which allows execution of welded connections between diagonals and chords (approach to the weld from both sides). In bottom chord level, main girders are connected with cross beams and in top chord level they are connected with wind bracing. Cross beams are composite members made from welded I profile and concrete deck with thickness 30cm. Composite section is provided by the usage of head stud shear connectors.

The railway tracks in the bridge zone are straight, with the alignment in slight slope towerd to abutment S2.

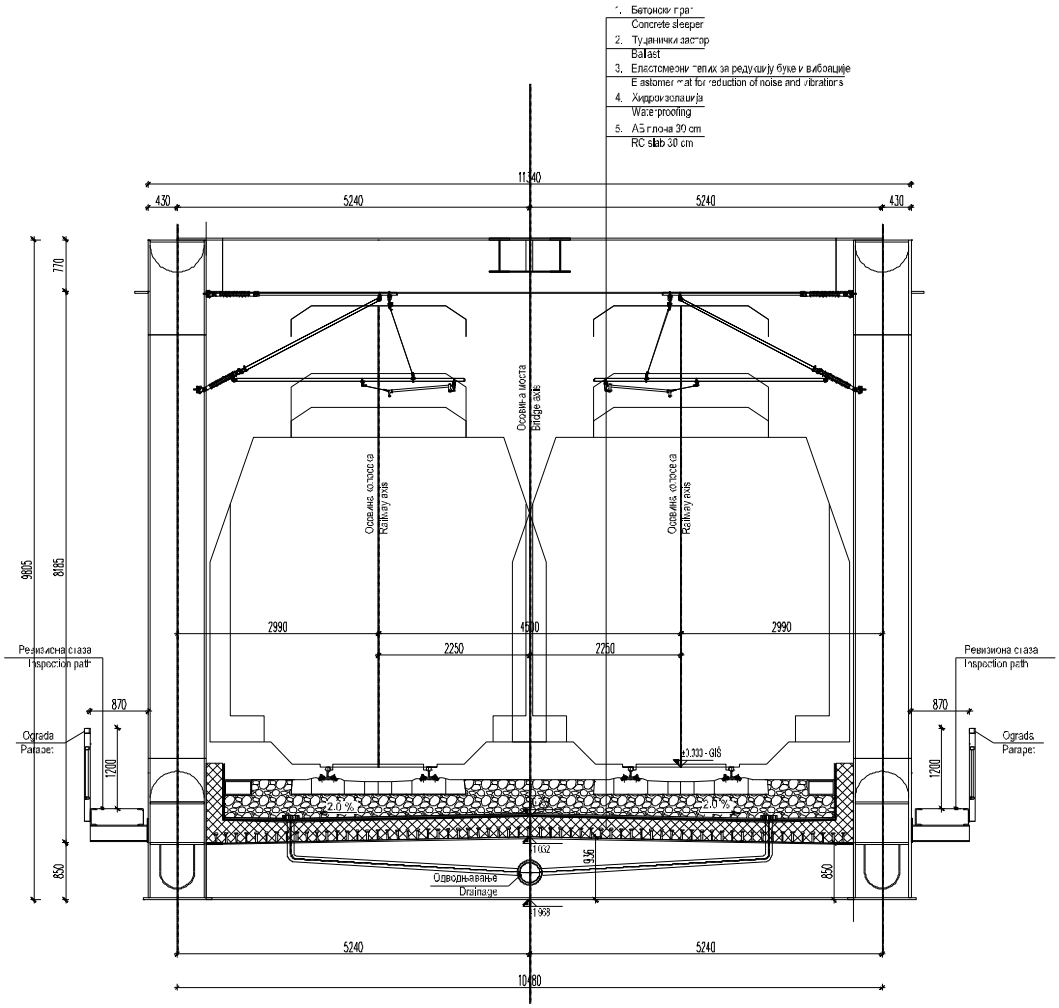
With described layout solution the following is achieved:

- Required waterway > 14.4m
- Waterway heght>6.0m
- Clearance between ground under the bridge and bridge itself>3.5m
- Possibility of erection on the shore and launching into the final position.

Tracks are at the axis distance of 4.5m. Reinforced concrete deck slab with the edge parapets form a ballast bed.
The bridge has drainage system. It consists of gullies and drainage pipes placed below deck slab through special holes within transverse girders.
Sprayed MMA waterproofing is performed over the deck slab, over which an elastomeric mat for noise and vibration reduction is placed as protection. Top coating of the revision footpaths is made of the anti-skid waterproofing layer 4 mm thick.
Bridge is equipped with revision paths 87cm wide on both main girders.

- Cross section of the bottom chord is widened, and now it is a passable box girder, which allows execution of cross stiffeners, welded connections are reachable from both sides and that leads to higher fatigue classes of welded connections.
- Shape of the cross section of the top chord is changed. Instead of box section, hat like cross section is adopted so welded connections are reachable from both sides and that leads to higher fatigue classes of welded connections

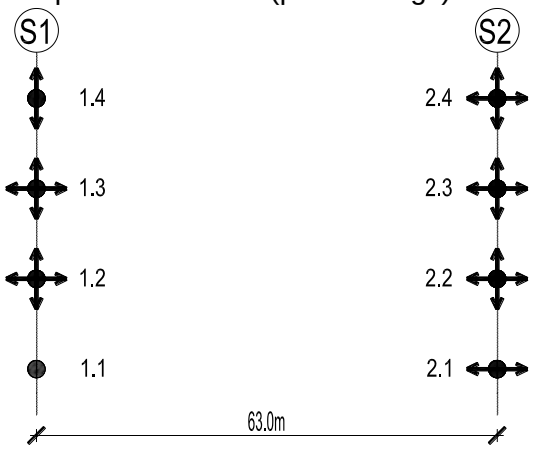
- Axial spacing of cross beams is changed. Instead of spacing of 1750mm which was used in Preliminary design spacing of 3500mm is used. With such change, the Republic Revision Committee request to rationalize cross girders is fulfilled.
- Additional two bearings on each abutment are foreseen to meet requirement of SRPS EN1991-2 ch. 6.5.4.5.2. about vertical deflection of the end of deck



Bridge cross section

Bearings

Adopted NEOTOPF (pot bearings) with following arrangement:



Additional bearings are placed in the track axes below support cross girders to satisfy vertical deflections of the deck ends in relation to the abutment. These bearings should be installed upon erection of the steel structure and before casting of composite deck slab. Forces, due to mass of the concrete slab, that occur in these bearings are not great, yet they prevent any possibility of uplift forces in the exploitation of the bridge. Bearings should be fully in compliance with standard EN SRPS 1337.

3. Foundations

Based on the data and recommendations from the "Study on geotechnical conditions for the reconstruction of the railway", pile foundations of the bridge structure are foreseen.
Bored piles Ø1200 and 17m long are designed. The maximum nominal force is lower than the allowable force according to the Geomechanical study.

4. Applied materials

Element	Material	Comment
Main steel structure	S355	Additional class descriptions are defined in the graphic and numerical documentation
RC deck slab	C35/45	Exposure class: : XC3, XD1, XF1, V-II
Pile cap beams, piles	C30/37	Exposure class: XC2, XA1, V-II
Abutments	C30/37	Exposure class: XC4, XD3, XA1, V-III, MS-S2
Studs	SD1	According to: ISO13918:2007
Reinforcement	B500B	Applies for all concrete structures

Behind abutments, gravel wedges are formed as a combination of cement stabilization on top of granulated gravel made in 30cm thick layers, with compaction to the designed modulus of stiffness. For the formation of gravel wedges in front of and behind the bridge, recommendations from the German guidelines ZTVE-StB and UIC719 were used.

5. Structural calculation

The structural calculation has been performed using the software package "TOWERPRO" developed by "RADIMPEX", Belgrade. The structure was analysed in a few three-dimensional FE model. A more detailed description of structural models is given in the structural calculation.
Load analysis was performed according to valid Serbian standards - SRPS EN 1991– 1 (2) and their national annexes.
The preliminary design considered the following loads:

- Self-weight of the structure, density of the material in accordance with SRPS EN 1991-1-1;
- Dead load, weights of track elements as well as density of materials were adopted in accordance with SRPS EN 1991-1-1, Tables A.1 and A.6;
- Horizontal soil pressures are determined in accordance with the provisions of the standard SRPS EN 1997-1;
- Shrinkage of concrete;
- Railway traffic loads in accordance with the standard SRPS EN 1991-2, Chapter 6.

- Vertical traffic load

Load schemes LM71 and SW/2 were used for analysis of railway traffic actions on normal track lines (SRPS EN 1991-2, 6.3.2). Dynamic coefficient Φ3 for load scheme LM71 according to SRPS EN 1991-2, 6.4.5.2:
The load scheme "unloaded trains", for stability control in case there is a train with unloaded wagons on the structure, according to chapter 6.3.4 of SRPS EN 1991-2, adopted as a vertical uniformly distributed load qkv = 10.0kN/m.
Equivalent traffic load for calculation of earth pressures on abutments according to chapter 6.3.6.4 of SRPS EN 1991-2.
Live load on the revision footpaths was adopted in accordance with chapter 6.3.7 of the SRPS EN 1991-2 standard, as a uniformly distributed load of qfk = 5kN/m2 over the entire width of the footpath.

- Horizontal traffic load

Centrifugal force (SRPS EN 1991-2, 6.5.1)

Nosing force (SRPS EN 1991-2, 6.5.2)

Traction and braking forces (SRPS EN 1991-2, 6.5.3)

- Loads due to temperature effects (SRPS EN 1991-1-5 and SRPS EN 1991-1-5 / NA);
- Wind load (SRPS EN 1991-1-4 and SRPS EN 1991-1-4 / NA);
- Seismic load (SRPS EN 1998-1, SRPS EN 1998-2 and SRPS EN 1998-5)

The design seismic load of bridges is determined by the equivalent linear method for the design spectrum for elastic analysis according to Chapter 3.2.2.5 of SRPS EN 1998-1, with importance factor of the bridge γ_I=1.3 and the importance class III, for the reference return period T_{NCR} = 475 years. Lower bound factor for the horizontal design spectrum β=0.2 (SRPS EN 1998-1 / NA, Clause 2.11).

Behavior factor is adopted as q = 1.0

For the location of the bridge, type 1 elastic response spectrum is applied (SRPS EN 1998-1 / NA, Item 2.9), for ground type “C”.

Design ground acceleration on type A ground a_g=0.05·g (SRPS EN 1998-1/NA, Table A.1)

The equivalent static seismic force was determined using the fundamental mode method, combining the components of seismic action for the two considered directions (SRPA EN 1998-2, 4.2.2.1 and 4.2.1.4).

Seismic soil pressure was determined using a simplified analysis (SRPS EN 1998-5, Annex E).

Load combinations for the control of the ultimate limit states and servisibility limit states are adopted in accordance with SRPS EN 1990 and SRPS EN 1990/NA.

Overview of basic criteria for servisibility limit states

Criteria	*Reqested*	*Achieved*	*Norm*
Vertical deformation of the deck	$\delta_v < L/600$	$\delta_v = L/926$	SRPS EN 1990 A2.4.4.2.3
Deck end rotations	$\theta_{LM71} < 3.5 \cdot 10^{-3} rad$ $\theta_T < 3.5 \cdot 10^{-3} rad$	$\theta_{LM71} = 3.2 \cdot 10^{-3} rad$ $\theta_T = /rad$	SRPS EN 1990 A2.4.4.2.3
Vertical deck acceleration	$b_v < 2$ -прихватљив ниво $b_v < 1$ -врло добар ниво	$b_v < 1$	SRPS EN 1990 A2.4.4.3.1
Deck twist	$t < 3mm$	$t = 1mm$	SRPS EN 1990 A2.4.4.2.2
Lateral frequencies	$f_1 > 1.20Hz$	$f_1 = 2.43Hz$	СРПС ЕН 1990 A2.4.4.2.4
Horizontal displacements due to traction and braking	$\delta_b < 5mm$	$\delta_b = 4.6mm$	SRPS EN 1991-2 6.5.4.5.2
Longitudinal displacement of deck ends due to vertical load	$b_v < 10mm$ -за мостове без шинске дилатације	$b_v = 9.48mm$	SRPS EN 1991-2 6.5.4.5.2
Vertical displacement of the deck ends in telation to the abutment, due to vertical load	$\delta_v < 3mm$	$\delta_v = 1.82mm$	SRPS EN 1991-2 6.5.4.5.2

6. Execution of works

The construction of the bridge includes the following works:

- preliminary works,
- earth works, foundations and abutments to the certain level; launching beams are carried out simultaniuosly with execution of the steel structure in the workshop
- Erection of the steel structure on the banks (erection phases are provided in the drawings),
- Execution of river temporary supports for launching of structure,
- Launching of structure with lowering to the final position with placement of bearings,
- Casting of deck slab,
- Demolition of launching beams and removal of river temporary supports
- Completion of earth works and concrete works on abutments
- Auxilliary - finishing works:
    - Instalation of expansion joints
    - Waterproofing
    - Anti-corosion protection
    - Test load of the bridge

2/1.1.20.6 НУМЕРИЧКА ДОКУМЕНТАЦИЈА

2/1.1.20.6.1 СТАТИЧКИ ПРОРАЧУН

САДРЖАЈ/ TABLE OF CONTENT

1. МАТЕРИЈАЛИ/ MATERIALS 5
1.1 Челична конструкција/ Steel structure 5
1.2 Бетон/ Concrete 6
1.2.1 Коефицијент течења/ Creep factor 6
1.2.2 Коефицијент скупљања/ Shrinkage factor 7
1.3 Можданици/ Studs 8
1.4 Завртњеви/ Bolts 8
1.5 Арматура/ Reinforcement 8
1.6 Парцијални коефицијенти за материјале/ Material partial factors 9
2. АНАЛИЗА ОПТЕРЕЋЕЊА/ LOADS 10
2.1 Сопствена тежина конструкције $G_{k,1}$ 10
2.2 Додатно стално оптерећење / Dead Load $G_{k,2}$ 11
2.3 Саобраћајна оптерећења/ Traffic Loads 12
2.3.1 Вертикална оптерећења за статичку анализу/ Vertical loads for structure analysis 12
2.3.2 Динамички коефицијенти за статичку анализу/ Dynamic factors for structural analysis 12
2.3.3 Вертикална оптерећења за прорачун замора/ Vertical loads for fatigue analysis 13
2.3.3.1 Динамички коефицијенти за прорачун замора/ Dynamic factors for structural analysis 13
2.3.4 Силе од кочења и покретања воза/ Traction and braking 13
2.3.5 Сила бочног удара/ Nosing forces 13
2.3.6 Центрифугалне силе/ Centrifugal forces 14
2.3.7 Групе саобраћајних оптерећења 14
2.4 Оптерећења од ветра/ Wind load 15
2.4.1 Фундаментална основна брзина ветра/ Fundamental wind speed 15
2.4.2 Основна брзина ветра/ Basic wind velocity 15
2.4.3 Средња брзина ветра/ Mean wind velocity 15
2.4.4 Интензитет торбуленције/ Turbulence intesity 16
2.4.5 Ударни притисак ветра/ Peak velocity pressure 17
2.4.6 Силе у правцу X/ Forces in X direction 17
2.5 Термичка оптерећења/ Thermal actions 20
2.5.1 Равномерна температура 20
2.5.2 Температурна разлика/ Temperature difference 21
2.6 Сеизмичка оптерећења/ Seismic actions 22
2.6.1 Сеизмичко оптерећење/ Seismic load A_{Ek} 22
2.7 Комбинације оптерећења/ Load combinations 23
2.7.1 Опште/ General 23
2.7.2 Комбинације оптерећења за ULS 26
2.7.3 Комбинације оптерећења за SLS/ SLS load combinations 27
2.7.4 Комбинације дејстава за сеизмичке ситуације/ Seismic load combinations 27
3. СТАТИЧКИ УТИЦАЈИ/ SECTION FORCES 28
3.1 Дијаграми пресечних сила/ Section forces diagrams 28
3.1.1 Стална оптерећења/ Permanent loads 28
3.1.1.1 Челична конструкција/ Steel structure 28
3.1.1.2 Бетонска плоча/ Concrete deck 29
3.1.1.3 Додатно стално/ Dead load 31

3.1.2 Саобраћајна оптерећења/ Traffic loads 33
3.1.2.1 Утицајне линије и меродавни положаји возила LM71/ Influence lines and relevant positions of LM71 33
3.1.2.2 Анвелопе утицаја од возила SW2 45
3.1.2.3 Кочење и покретање 49
3.1.2.4 Оптерећење на пешачком стазама 49
3.1.3 Ветар у попречном правцу 51
3.2 Табеларни приказ пресечних сила/ Spreadsheets of section forces 53
3.2.1 Стална оптерећења/ Permanent loads 53
3.2.2 Саобраћајна оптерећења/ Traffic load 56
3.2.2.1 LM71 на једном колосеку/ LM71 on one track 56
3.2.2.2 SW/2 на једном колосеку/ SW/2 on one track 57
3.2.2.3 Кочење и покретање/ Traction and braking 58
3.2.2.4 Бочни удар 58
3.2.2.5 Оптерећење са ревизионих стаза/ Revision paths 59
3.2.2.6 Групе саобраћајних оптерећења/ Groups of traffic loads 60
3.2.3 Ветар/ Wind 63
3.2.4 Комбинације оптерећења/ Load combinations 64
4. НАПОНИ/ STRESSES 66
4.1.1 Доњи појас / Bottom chord 66
4.1.2 Горњи појас/ Top chord 68
4.1.3 Дијагонале/ Diagonals 70
5. СТАБИЛНОСТ/ Stability 72
5.1.1 Горњи појас O1/ Top chord O1 72
5.1.2 Горњи појас O2 и O4/ Top chords O2 and O4 73
5.1.3 Горњи појас O3 / Top chords O3 74
5.1.4 Дијагонала D1/ Diagonal D1 75
5.1.5 Дијагонала D3/ Diagonal D3 77
5.1.6 Дијагонала D5/ Diagonal D5 79
6. ЗАМОР/ FaTIGUE 82
6.1 Категорије детаља/ Detail categories 82
6.2 λ koeficijent/ λ factor 84
6.3 Провера елемената/ Element checks 84
6.3.1 Доњи појас/ Bottom chord 85
6.3.2 Горњи појас/ Top chord 85
6.3.3 Дијагонале/ Diagonals 86
7. ПОПРЕЧНИ НОСАЧИ/ CROSS BEAMS 87
7.1 Средњи попречни носачи/ Middle cross girders 87
7.1.1 Геометријске карактеристике пресека/ Section properties 87
7.1.2 Статички утицаји/ Section forces 88
7.1.3 Контрола напона (ULS)/ Stresses (ULS) 90
7.1.4 Можданици/ Studs 90
7.1.5 Замор/ Fatigue 93
7.2 Крајњи попречни носачи/ End cross beams 96
7.2.1 Гранична стања носивости (ULS)/ Ultimate limit states (ULS) 96
7.2.2 Замор/ Fatigue 98
8. КОЛОВОЗНА ПЛОЧА/ deck plate 100

8.1 Статички утицаји/ Section forces 100
8.2 Арматура/ Reinforcement 104
8.3 Контрола прслина/ Cracks control 106
9. СПРЕГ ЗА ВЕТАР 107
9.1 Статички утицаји 107
9.2 Контрола стабилности/ Element control 108
9.2.1 Дијагонале спрега/ Diagonals 108
9.2.2 Средње вертикале спрега/ Middle verticals 111
9.2.3 Крајње вертикале спрега/ End verticals 113
10. ГРАНИЧНА СТАЊА УПОТРЕБЉИВОСТИ (SIs) 116
10.1 Вертикална убрзања плоче/ Vertical acceleration of deck 116
10.2 Сопствене хоризонталне фреквенције/ Transverse vibration of the deck 118
10.3 Вертикалне деформације плоче/ Vertical deflection of the deck 119
10.4 Угиб на крају плоче/ End deflections of the deck 119
10.5 Увртање плоче/ Deck twist 120
10.6 Ротације крајева плоче/ End rotations 122
10.7 Хоризонтална померања крајева плоче/ Horisontal deflections of deck plate 123
10.8 Релативно хоризонтално померање услед силе кочења и покретања / Relative longitudinal displacement due to traction and braking 124
11. РЕАКЦИЈЕ ОСЛОНАЦА 125
12. Доњи строј моста / Substructure 128
12.1 Обални стуб C1/ Abutment S1 130
12.1.1 Анализа оптерећења/Actions 130
12.1.2 3D модел конструкције / 3D model of the structure 138
12.1.3 Случајеви оптерећења / Load cases 141
12.1.4 Статички утицаји у стубу C1 и крилним зидовима/ Internal forces and moments in abutment and wing wall S1 144
12.1.5 Димензионисање стуба C1 и крилних зидова/ Design of abutments and wing walls S1 152
12.1.6 Контрола граничне носивости стуба за двоосно савијање/ Ultimate limit state 157
12.1.7 Контрола граничних стања употребљивост/ Serviceability limit states 158
12.1.7.1 Статички утицаји у стубу услед карактеристичне комбинације оптерећења / Internal forces and moments due to characteristic load combination 158
12.1.7.2 Контрола напона и карактеристичне ширине прслина/ Stress and Crack control ... 159
12.2 Обални стуб C2/ Abutment S2 160
12.2.1 Анализа оптерећења/Actions 160
12.2.2 Случајеви оптерећења/ Load cases 160
12.2.3 Статички утицаји у стубу C2 и крилним зидовима/ Internal forces and moments in abutment and wing wall S2 160
12.2.4 Димензионисање стуба C2 и крилних зидова/ Design of abutments and wing walls S2 172
12.3 Наглавна греда C1/ Pile cap S1 173
12.3.1 Статички утицаји услед меродавних комбинација оптерећења стуб C1/ Internal forces and moments S1 173
12.3.2 Димензионисање наглавнице C1/ Design of pile cap S1 176
12.3.2.1 Минимална и максимална арматура/ Minimum and maximum reinforcement areas 176
12.3.2.2 Димензионисање арматуре у попречном правцу C1/ Reinforcement in transverse direction S1 176
12.3.2.3 Димензионисање арматуре наглавнице стуба C1/ Design of pile cap reinforcement S1 178

12.3.3 Контрола наглавне греде стуба C1 на пробој/ Punching S1 180
12.4 Наглавна греда C2/ Pile cap S2 184
12.4.1 Статички утицаји услед меродавних комбинација оптерећења стуб C2/ Internal forces and moments S2 184
12.4.2 Димензионисање наглавнице C2/ Design of pile cap S2 186
12.4.2.1 Минимална и максимална арматура/ Minimum and maximum reinforcement areas 186
12.4.2.2 Димензионисање арматуре у попречном правцу C2/ Reinforcement in transverse direction S2 186
12.4.2.3 Димензионисање арматуре наглавнице стуба C2/ Design of pile cap reinforcement S2 188
12.4.3 Контрола наглавне греде стуба C2 на пробој/ Punching S2 190
12.5 Шипови/ Piles 192
12.5.1 Силе у нивоу базе шипа/ Base pile forces 192
12.5.2 Статички утицаји услед меродавних УЛС комбинација оптерећења у шиповима стуба C1/ Internal forces and moments in piles S1 due to ULS 195
12.5.3 Статички утицаји услед меродавних УЛС комбинација оптерећења у шиповима стуба C2/ Internal forces and moments in piles S2 due to ULS 199
12.5.4 Димензионисање шипова стуба C1/ Design of piles S1 205
12.5.5 Димензионисање шипова стуба C2/ Design of piles S2 207
12.5.6 Контрола напона у шиповима стуба C1/ Stress control in piles S1 209
12.5.7 Контрола напона у шиповима стуба C2/ Stress control in piles S2 212
12.6 Допунска анализа за повећање додатног сталног оптерећења/ Additional analysis for increase of dead load 215
12.7 Извод из геомеханичког елабората/ Excerpt from Geotechnical Study 220

1. МАТЕРИЈАЛИ/ MATERIALS

1.1 Челична конструкција/ Steel structure

Материјал челичне конструкције је из групе S355. Избор материјала пр. EN1993-1-10. / Steel structure material is from S355 group. A material choice is acc to EN1993-1-10.

Table 2.1: Maximum permissible values of element thickness t in mm

Steel grade	Sub-grade	KV		Reference temperature T_{Ed} [°C]																					
		at T [°C]	J_{min}	10	0	-10	-20	-30	-40	-50	10	0	-10	-20	-30	-40	-50	10	0	-10	-20	-30	-40	-50
				$\sigma_{Ed} = 0{,}75\ f_y(t)$							$\sigma_{Ed} = 0{,}50\ f_y(t)$							$\sigma_{Ed} = 0{,}25\ f_y(t)$						
S235	JR	20	27	60	50	40	35	30	25	20	90	75	65	55	45	40	35	135	115	100	85	75	65	60
	J0	0	27	90	75	60	50	40	35	30	125	105	90	75	65	55	45	175	155	135	115	100	85	75
	J2	-20	27	125	105	90	75	60	50	40	170	145	125	105	90	75	65	200	200	175	155	135	115	100
S275	JR	20	27	55	45	35	30	25	20	15	80	70	55	50	40	35	30	125	110	95	80	70	60	55
	J0	0	27	75	65	55	45	35	30	25	115	95	80	70	55	50	40	165	145	125	110	95	80	70
	J2	-20	27	110	95	75	65	55	45	35	155	130	115	95	80	70	55	200	190	165	145	125	110	95
	M,N	-20	40	135	110	95	75	65	55	45	180	155	130	115	95	80	70	200	200	190	165	145	125	110
	ML,NL	-50	27	185	160	135	110	95	75	65	200	200	180	155	130	115	95	230	200	200	200	190	165	145
S355	JR	20	27	40	35	25	20	15	15	10	65	55	45	40	30	25	25	110	95	80	70	60	55	45
	J0	0	27	60	50	40	35	25	20	15	95	80	65	55	45	40	30	150	130	110	95	80	70	60
	J2	-20	27	90	75	60	50	40	35	25	135	110	95	80	65	55	45	200	175	150	130	110	95	80
	K2,M,N	-20	40	110	90	75	60	50	40	35	155	135	110	95	80	65	55	200	200	175	150	130	110	95
	ML,NL	-50	27	155	130	110	90	75	60	50	200	180	155	135	110	95	80	210	200	200	200	175	150	130
S420	M,N	-20	40	95	80	65	55	45	35	30	140	120	100	85	70	60	50	200	185	160	140	120	100	85
	ML,NL	-50	27	135	115	95	80	65	55	45	190	165	140	120	100	85	70	200	200	200	185	160	140	120
S460	Q	-20	30	70	60	50	40	30	25	20	110	95	75	65	55	45	35	175	155	130	115	95	80	70
	M,N	-20	40	90	70	60	50	40	30	25	130	110	95	75	65	55	45	200	175	155	130	115	95	80
	QL	-40	30	105	90	70	60	50	40	30	155	130	110	95	75	65	55	200	200	175	155	130	115	95
	ML,NL	-50	27	125	105	90	70	60	50	40	180	155	130	110	95	75	65	200	200	200	175	155	130	115
	QL1	-60	30	150	125	105	90	70	60	50	200	180	155	130	110	95	75	215	200	200	200	175	155	130
S690	Q	0	40	40	30	25	20	15	10	10	65	55	45	35	30	20	20	120	100	85	75	60	50	45
	Q	-20	30	50	40	30	25	20	15	10	80	65	55	45	35	30	20	140	120	100	85	75	60	50
	QL	-20	40	60	50	40	30	25	20	15	95	80	65	55	45	35	30	165	140	120	100	85	75	60
	QL	-40	30	75	60	50	40	30	25	20	115	95	80	65	55	45	35	190	165	140	120	100	85	75
	QL1	-40	40	90	75	60	50	40	30	25	135	115	95	80	65	55	45	200	190	165	140	120	100	85
	QL1	-60	30	110	90	75	60	50	40	30	160	135	115	95	80	65	55	200	200	190	165	140	120	100

Усвојено/ Adopted: **S355J2** (t≤35mm), **S355K2** (t>35mm).

Standard and steel grade	Nominal thickness of the element t [mm]			
	t ≤ 40 mm		40 mm < t ≤ 80 mm	
	f_y [N/mm^2]	f_u [N/mm^2]	f_y [N/mm^2]	f_u [N/mm^2]
EN 10025-2				
S 235	235	360	215	360
S 275	275	430	255	410
S 355	355	510	335	470
S 450	440	550	410	550
EN 10025-3				
S 275 N/NL	275	390	255	370
S 355 N/NL	355	490	335	470
S 420 N/NL	420	520	390	520
S 460 N/NL	460	540	430	540
EN 10025-4				
S 275 M/ML	275	370	255	360
S 355 M/ML	355	470	335	450
S 420 M/ML	420	520	390	500
S 460 M/ML	460	540	430	530
EN 10025-5				
S 235 W	235	360	215	340
S 355 W	355	510	335	490
EN 10025-6				
S 460 Q/QL/QL1	460	570	440	550

1.2 Бетон/ Concrete

Коловозна плоча/ Deck plate: C35/45 - SRPS EN 1992-1-1
Стубови и шипови/ Abutments and piles C25/30 - SRPS EN 1992-1-1

Table 3.1 Strength and deformation characteristics for concrete

Strength classes for concrete															Analytical relation / Explanation
f_{ck} (MPa)	12	16	20	25	30	35	40	45	50	55	60	70	80	90	
$f_{ck,cube}$ (MPa)	15	20	25	30	37	45	50	55	60	67	75	85	95	105	
f_{cm} (MPa)	20	24	28	33	38	43	48	53	58	63	68	78	88	98	$f_{cm} = f_{ck}+8$(MPa)
f_{ctm} (MPa)	1,6	1,9	2,2	2,6	2,9	3,2	3,5	3,8	4,1	4,2	4,4	4,6	4,8	5,0	$f_{ctm}=0,30\times f_{ck}^{(2/3)} \le C50/60$ $f_{ctm}=2,12\cdot\ln(1+(f_{cm}/10))$ $> C50/60$
$f_{ctk,0.05}$ (MPa)	1,1	1,3	1,5	1,8	2,0	2,2	2,5	2,7	2,9	3,0	3,1	3,2	3,4	3,5	$f_{ctk,0.05} = 0,7\times f_{ctm}$ 5% fractile
$f_{ctk,0.95}$ (MPa)	2,0	2,5	2,9	3,3	3,8	4,2	4,6	4,9	5,3	5,5	5,7	6,0	6,3	6,6	$f_{ctk,0.95} = 1,3\times f_{ctm}$ 95% fractile
E_{cm} (GPa)	27	29	30	31	33	34	35	36	37	38	39	41	42	44	$E_{cm} = 22[(f_{cm})/10]^{0.3}$ (f_{cm} in MPa)
ε_{c1} (‰)	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,25	2,3	2,4	2,45	2,5	2,6	2,7	2,8	2,8	see Figure 3.2 $\varepsilon_{c1}(^0/_{00}) = 0,7\ f_{cm}^{0,31} < 2.8$
ε_{cu1} (‰)	3,5									3,2	3,0	2,8	2,8	2,8	see Figure 3.2 for $f_{ck} \ge 50$ Mpa $\varepsilon_{cu1}(^0/_{00})=2,8+27[(98-f_{cm})/100]^4$
ε_{c2} (‰)	2,0									2,2	2,3	2,4	2, 5	2,6	see Figure 3.3 for $f_{ck} \ge 50$ Mpa $\varepsilon_{c2}(^0/_{00})=2,0+0,085(f_{ck}-50)^{0,53}$
ε_{cu2} (‰)	3,5									3,1	2,9	2,7	2,6	2,6	see Figure 3.3 for $f_{ck} \ge 50$ Mpa $\varepsilon_{cu2}(^0/_{00})=2,6+35[(90-f_{ck})/100]^4$
n	2,0									1,75	1,6	1,45	1,4	1,4	for $f_{ck} \ge 50$ Mpa $n=1,4+23,4[(90-f_{ck})/100]^4$
ε_{c3} (‰)	1,75									1,8	1,9	2,0	2,2	2,3	see Figure 3.4 for $f_{ck} \ge 50$ Mpa $\varepsilon_{c3}(^0/_{00})=1,75+0,55[(f_{ck}-50)/40]$
ε_{cu3} (‰)	3,5									3,1	2,9	2,7	2,6	2,6	see Figure 3.4 for $f_{ck} \ge 50$ Mpa $\varepsilon_{cu3}(^0/_{00})=2,6+35[(90-f_{ck})/100]^4$

1.2.1 Коефицијент течења/ Creep factor

$$\varphi_{(t,t0)} = \left[1+\frac{1-\frac{RH}{100}}{0.1\cdot\sqrt[3]{h_0}}\cdot\alpha_1\right]\cdot\alpha_2\cdot\left[\frac{16.8}{\sqrt{f_{cm}}}\right]\cdot\left[\frac{1}{0.1+t_0^{0.2}}\right]$$

$$\alpha_1 = \left(\frac{35}{f_{cm}}\right)^{0.7} = 0.866,\ \alpha_2 = \left(\frac{35}{f_{cm}}\right)^{0.2} = 0.960$$

$$\varphi_{(t,t0)} = \left[1+\frac{1-0.8}{0.1\cdot\sqrt[3]{600}}\cdot 0.866\right]\cdot 0.96\cdot\left[\frac{16.8}{\sqrt{43}}\right]\cdot\left[\frac{1}{0.1+t_0^{0.2}}\right] = \frac{2.965}{0.1+t_0^{0.2}}$$

$$n_L = n_0\cdot\left(1+\psi_L\cdot\varphi(t,t_0)\right),\ n_0 = 21000/3400 = 6.18$$

Оптерећење/ Load	т0 (дани/days)	$\varphi_{(t,t0)}$	n_L
Додатно стално/ Dead load	40	1.353	15.37
Скупљање/ Shrincage	1	2.695	15.34

1.2.2 Коефицијент скупљања/ Shrinkage factor

Скупљање услед сушења/ Drying shrinkage

Класа цемента: N $\Rightarrow \alpha_{ds1} = 4.0, \alpha_{ds2} = 0.12$

$$\varepsilon_{cd,0} = 0.85\left[(220+110\cdot\alpha_{ds1})\cdot\exp(-\alpha_{ds2}\cdot\frac{f_{cm}}{f_{cm0}}\right]\cdot 10^{-6}\cdot\beta_{RH}$$

$$\beta_{RH} = 1.55\left[1-\left(\frac{RH}{RH_0}\right)^{0.3}\right] = 1.55\left[1-0.8^{0.3}\right] = 0.7564$$

$$\varepsilon_{cd,0} = 0.85\left[(220+110\cdot 4.0)\cdot\exp(-0.12\cdot\frac{f_{cm}}{f_{cm0}})\right]\cdot 10^{-6}\cdot 0.7564 = 2.53\cdot 10^{-4}$$

$$\varepsilon_{cd,t} = \beta_{ds}(t,t_s)\cdot k_h\cdot\varepsilon_{cd,0}$$

$$\beta_{ds}(t,t_s) = \frac{(t-t_s)}{(t-t_s)+0.04\sqrt{h_0^3}},\ h_0 = \frac{2\cdot A_c}{u} = \frac{2\cdot 2.28}{9.6} = 0.6m \Rightarrow k_h = 0.7$$

$$\beta_{ds}(t,t_s) = \frac{(60-1)}{(60-1)+0.04\sqrt{600^3}} = 0.091,\ \text{за т=60 дана}$$

$$\varepsilon_{cd,t} = 0.091\cdot 0.7\cdot 2.53\cdot 10^{-4} = 1.6\cdot 10^{-5}$$

Аутогено скупљање/ Autogenous shrinkage

$$\varepsilon_{ca}(t) = \beta_{as}(t)\cdot\varepsilon_{ca}(\infty)$$

$$\varepsilon_{ca}(\infty) = 2.5(f_{ck}-10)\cdot 10^{-6} = 2.5(35-10)\cdot 10^{-6} = 62.5\cdot 10^{-6}$$

$$\beta_{as}(t) = 1-\exp\left(-0.2\cdot\sqrt{t}\right) = 0.787$$

$$\varepsilon_{ca}(t=60) = 0.787\cdot 62.5\cdot 10^{-6} = 4.92\cdot 10^{-5}$$

Термичко скупљање/ Thermal shrinkage

$$\Delta T = 20^{\circ}C$$

$$\varepsilon_{th} = \alpha_{th}\cdot\frac{\Delta T}{2} = 1.05\cdot 10^{-4}$$

Укупно скупљање/ Thermal shrinkage

т=60 дана

$$\varepsilon_{cs} = 1.6\cdot 10^{-5} + 4.92\cdot 10^{-5} + 1.05\cdot 10^{-4} = 1.7\cdot 10^{-4}$$

т=∞

$$\varepsilon_{cs} = 6.52\cdot 10^{-5} + \varepsilon_{cs(\infty)}$$

$$\varepsilon_{cs(\infty)} = k_h\cdot\varepsilon_{cd,0} = 0.7\cdot 2.53\cdot 10^{-4} = 1.77\cdot 10^{-4}$$

$$\varepsilon_{cs} = 2.4\cdot 10^{-4}$$

1.3 Мождањици/ Studs

Аутоматски заварени мождањици/ Automatically welded headed studs ISO 13918:2007: ISO13918:2007–SD1–22x200-B
Заваривање мождањика према/ Studs welding: EN ISO 14555:2008

Table 2 — Materials and mechanical characteristics of finished studs

Symbol	Material/ Material group/ Property class	Standard	Mechanical properties of the finished stud
PD RD UD ID	4.8	ISO 898-1	See ISO 898-1
	A2-50, A2-70, A4-50, A4-70, A5-50, A5-70	ISO 3506-1	See ISO 3506-1
SD1	Material group 1 with the limits: C ⩽ 0,2 % [a] CEV ⩽ 0,35 [a] Al ⩾ 0,02 % [a, b]	ISO/TR 15608	$R_m \geqslant 450$ N/mm² $R_{eH} \geqslant 350$ N/mm² $A_5 \geqslant 15$ %
SD2			R_m = 400 N/mm² to 550 N/mm² $R_{eH} \geqslant 235$ N/mm² $R_{p0,2} \geqslant 235$ N/mm² $A_5 \geqslant 20$ %
SD3	1.4301 1.4303	EN 10088-1	R_m = 500 N/mm² to 780 N/mm² $R_{p0,2} \geqslant 350$ N/mm² $A_5 \geqslant 25$ %
PS US IS	4.8	ISO 898-1	See ISO 898-1
	A2-50	ISO 3506-1	See ISO 3506-1
PT UT IT	4.8	ISO 898-1	See ISO 898-1
	A2-50	ISO 3506-1	See ISO 3506-1
	CuZn37	EN 12166	$R_m \geqslant 370$ N/mm²
	1050A	EN 573-3	$R_m \geqslant 100$ N/mm²
	5754	EN 1301-2	$R_m \geqslant 230$ N/mm²

[a] Values from the ladle analysis.
[b] If other elements for killing are used, they shall be reported in the inspection document.

1.4 Завртњеви/ Bolts

Високовредни завртњеви к.ч. 10.9 (Kategorija spoja Ц, према SRPS EN 1993-8)/
Preloaded bolts class 10.9 (Category C of bolted connection acc to SRPS EN 1993-8)/

1.5 Арматура/ Reinforcement

Карактеристике материјала/ Material characteristics: EN 10080:2005
Оребрене шипке/ Rebars: B500b
Граница развлачења/ Yield strength: f_{yk}=500N/mm²

1.6 Парцијални коефицијенти за материјале/ Material partial factors

За гранична стања носивости/ Ultimate limit states (ULS):

Design situation	γ_c (concrete)	γ_s (reinforcement)	γ_M (structural steel)		γ_v (studs)
Persistent Transient	1.5	1.15	γ_{M0} = 1.0 γ_{M1} = 1.1 γ_{M2} = 1.25	Yielding, local instability Resistance of members to instability Resistance of joints	1.25
Reference	EN1992-1-1, 2.4.2.4		EN1993-2, 6.1 and Table 6.2		EN1994-2, 2.4.1.2 + National Annex

За замор/ For fatigue:

$\gamma_{c,fat}$ (concrete)	$\gamma_{s,fat}$ (reinforcement)	γ_{Mf} (structural steel)			$\gamma_{Mf,s}$ (studs)
1.5	1.15	Assessment method	Low consequence of failure	High consequence of failure	1.25
		Damage tolerant	1.0	1.15	
		Safe life	1.15	1.35	
EN1992-1-1, 2.4.2.4		EN1993-1-9, Table 3.1			EN1994-2, 6.8.2 + National Annex

За гранична стања употерблјивости/ Serviceability limit states (SLS):

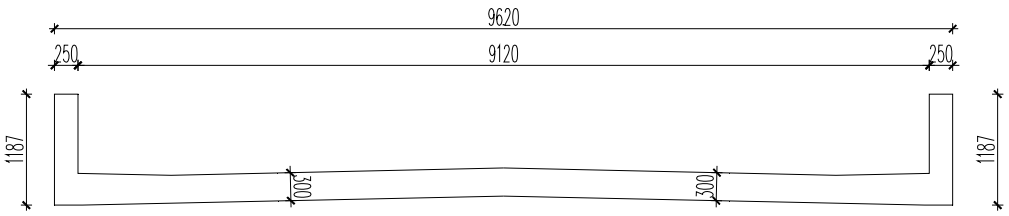
γ_c (concrete)	γ_s (reinforcement)	$\gamma_{M,ser}$ (structural steel)	γ_v (studs)
1.0	1.0	1.0	1.25
EN1992-1-1, 2.4.2.4		EN1993-2, 7.3 (1)	***Note**: The stud resistance P_{Rk} is modified between SLS and ULS, and not the value of γ_v.* EN1994-2, 6.8.1 (3)

2. АНАЛИЗА ОПТЕРЕЋЕЊА/ LOADS

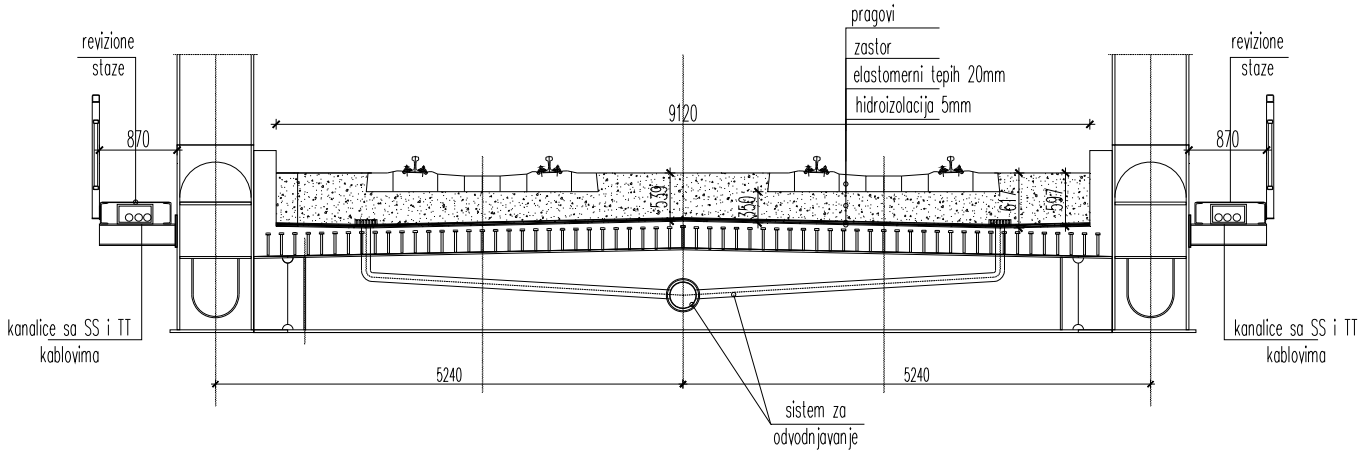
Преглед дејстава Loads overview:

Стална дејства / Permanent loads (G)	Тежина конструкције/ Selfweight		$G_{k,1}$
	Додатне сталне тежине/ Dead load		$G_{k,2}$
	Скупљање/ Shrinkage		**Shr**
Променљива саобраћајна дејства/ Traffic loads (Q)	Железнички саобраћај модели LM71, SW0, SW2/ Load modela LM71, SW0, SW2		$Q_{k,1}$
	Неоптерећени воз/ Unloaded train		$Q_{k,2}$
	Модели оптерећења за замор/ Fatigue load models		$Q_{k,3}$
	Оптерећење на ревизионим стазама/ Revision paths load		Q_{fk}
	Хоризонталне силе	Центрифугалне силе/ Centrifugal force	$Q_{тк}$
		Силе бочног удара/ Nosing force	$Q_{ск}$
		Силе коченја и покретања/ Traction and braking	Q_{lbk}, Q_{abk}
Променљива дејстава (Q)	Дејство ветра/ Wind load		$F_{wк}$
	Дејство температуре/ Temparatur load		$T_к$
	Дејство снега/ Snow		$Q_{sn,k}$
Сеизмичка дејства (E)	Сеизмичка дејства/ Seismic load		$Q_{Ек}$

2.1 Сопствена тежина конструкције $G_{k,1}$

Челична конструкција/ Steel structure (главни, попречни носачи)	58.0 kN/m’
Армирано бетонска плоча d=30cm, са граничницима застора (27.8kN/m^3)/ Deck plate with side walls (27.8kN/m^3)  Површина у попречном пресеку/ Cross section area: A=3.363m^2 g=3.363x27.8=93.5kN/m	93.5 kN/m’
Укупно/ Total	**151.5 kN/m’**

2.2 Додатно стално оптерећење / Dead Load $G_{k,2}$

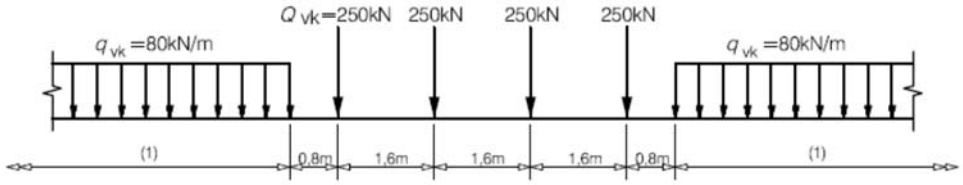


		Са девијацијом према/ With Deviation acc SRPS EN 1991-1-1
Шине/ Tracks (SRPS EN 1991-1-1, табела A.6) Тип/Type: UIC60 ……2x1.2kN/m'	2.40 kN/m'	2.40 kN/m'
Прагови са шинским прибором/ Sleepers with track fastenings (SRPS EN 1991-1-1, табела A.6) Тип/Type: бетонски преднапрегнути праг/ prestressed concrete sleeper ……2x4.8kN/m'	9.60 kN/m'	9.60 kN/m'
Застор без прагова/ Ballast without sleepers (SRPS EN 1991-1-1, табела A.6) Тип/Type: нормалан/normal (20kN/m3) Површина у попречном пресеку/ Cross section area: A=5.105m^2 g=5.105x20.0=102.1kN/m Умањење за прагове урођене у застор/ Reduction due to sleepers immeresed in ballast 9.6x2.0/2.5=7.68kN/m ……102.1-7.68	94.42 kN/m'	1.3x94.42= 122.75kN/m'
Еластомерни тепих/ Elastomeric mat 2.0cm ……9.12x0.02x10	1.82 kN/m'	1.82 kN/m'
Hidroizolacija/ Waterproofing ……11.32x0.005x10	0.67kN/m'	1.2x0.67= 0.80kN/m'
Ограде/ Parapets ……2x0.5kN/m'	1.00 kN/m'	1.00 kN/m'
Ревизионе стазе/ Revision paths Конзоле/Consoles HEB240 .....0.6kN/m' Подужни носачи/ Longitudinal beams 4xUNP240 ..... 1.33 kN/m' Решеткаста газишта/ Latice tread .....1.40kN/m'	3.33 kN/m'	3.33 kN/m'
Инсталације/ Instalations Каналице са СС и ТТ кабловима/ Channels with SS and TT cables .....2.0kN/m' Систем за одводњавање/ Drainage system .....1.5kN/m'	3.50 kN/m'	3.50 kN/m'
Укупно/ Total	**116.7kN/m'**	**144.4 kN/m'**
За прорачун граничних стања носивости усваја се Gk,2=150kN/m' For ultimate limit states (ULS) value Gk,2=150kN/m' is adopted		

2.3 Саобраћајна оптерећења/ Traffic Loads

2.3.1 Вертикална оптерећења за статичку анализу/ Vertical loads for structure analysis

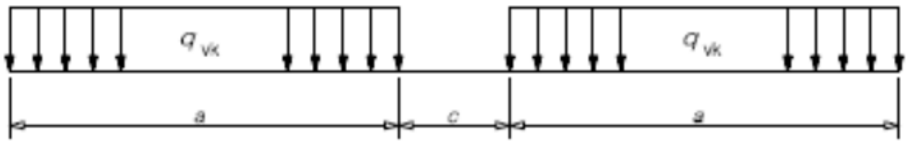
(1) Шема оптерећења LM71 (Load Model 71)
Нормални железнички саобраћај на главним железничким линијама. Карактеристичне вредности оптерећења:/ Normal rail traffic. Characteristic values:



Key
(1) No limitation

Коефицијент/ Factor α=1.21

(2) Šema opterećenja SW/2 /Load Model SW/2
Teška opterećenja/ Hevy load
Karakteristične vrednosti opterećenja/ Characteristic values:



q_{vk}=150kN/m, a = 25.0m, c = 7.0m, Koeficijent α=1.0

(3) Шема оптерећења „неоптерећен воз“ /Load Model „unloaded train“
Карактеристичне вредности оптерећења/ Characteristic value: $q_{вк}$=10.0 kN/m’

(4) Ревизионе стазе/ Revision paths EN1991-2 t.6.3.7
Карактеристичне вредности оптерећења/ Characteristic values:
q_{fk}=5.0 kN/m’ – равномерно распоређено оптерећење/ Uniformly distributed load
Qk=2.0 kN – концентрисано оптерећење за проверу локалних елемената. Наноси са на квадрат са страницом a=200mm/ Concentrated load for local elements to be taken into account and applied on a square surface with a 200 mm side

2.3.2 Динамички коефицијенти за статичку анализу/ Dynamic factors for structural analysis

Према/ Acc to: SRPS EN 1991-2:2003 т.6.4.5
Одржавање колосека/ Maintenance: Стандардно/ Standard

$$\Rightarrow \Phi_3 = \frac{2.16}{\sqrt{L_\Phi} - 0.2} + 0.73 \text{, уз } 1.0 \le \Phi_3 \le 2.0$$

$L_Φ$ = меродавна дужина/Determinant length (према/acc to SRPS EN1991-2:2003 т.6.4.5.3)

Елемент/ Element	L	Lf	Φ_3
Бетонска плоча/ Concrete deck	3.50	2x3.50=7.00	1.613
Крајњи попречни носачи/ End cross beams	10.48	3.60	2.000
Остали попречни носачи/ Middle cross beams	10.48	2x10.48=20.96	1.223
Главни носач/ Main girder	63.00	63.00	1.009

2.3.3 Вертикална оптерећења за прорачун замора/ Vertical loads for fatigue analysis

Прорачун замора је урађен према појадностављеној шеми - LM71, са динамичким коефицијентом Φ_2 у складу са SRPS EN 1993-2 т.9.2.3. Fatigue analysis is derived with simplified load model LM71 and dynamic factor Φ_2 acc to SRPS EN 1993-2 ch.9.2.3.

2.3.3.1 Динамички коефицијенти за прорачун замора/ Dynamic factors for structural analysis

Према/ Acc to: SRPS EN 1991-2:2003 т.6.4.5, ЕН 1993-2 т.9.2.3

$$\Phi_2 = \frac{1.44}{\sqrt{L_\Phi} - 0.2} + 0.82 \quad \text{, уз } 1.00 \le \Phi_2 \le 1.67$$

L_Φ = меродавна дужина/Determinant length (према/acc to SRPS EN1991-2:2003 т.6.4.5.3)

Елемент/ Element	L	Lf	Φ_3
Бетонска плоча/ Concrete deck	3.50	2x3.50=7.00	1.409
Крајњи попречни носачи/ End cross beams	10.48	3.60	1.668
Остали попречни носачи/ Middle cross beams	10.48	2x10.48=20.96	1.149
Главни носач/ Main girder	63.00	63.00	1.006

2.3.4 Силе од кочења и покретања воза/ Traction and braking

Према/Аццтo: SRPS EN1991-2:2003 t.6.5.3
Карактеристичне вредности/ Characteristic values:

Traction force: $Q_{lak} = 33\ [kN/m]\ L_{a,b}\ [m] \le 1000\ [kN]$ for Load Models 71, SW/0, SW/2 and HSLM (6.20)

Braking force: $Q_{lbk} = 20\ [kN/m]\ L_{a,b}\ [m] \le 6000\ [kN]$ for Load Models 71, SW/0 and Load Model HSLM (6.21)

Напомене/ Notes:

- делује у нивоу горње ивице шине, у правцу осе колосека/ acting at the top of the rails in the longitudinal direction of the track,
- множи се са коефицијентом α=1.21/ should be multiplied with α=1.21,
- не множи се са коефицијентом Φ/ should not be multiplied with factor Φ

Максималне карактеристичне вредности/ Max characteristic values:

- сила покретања/ traction:
  $Q_{lak,\max,LM\,71,SW/2} = 33kN/m \cdot 100m = 3300kN \Rightarrow Q_{lak,\max,LM\,71,SW/2} = 1000kN$
- Сила кочења/ Braking:
  $Q_{lbk,\max,LM\,71} = 20kN/m \cdot 64m = 1280kN$

2.3.5 Сила бочног удара/ Nosing forces

Према/ Acc to: SRPS EN1991-2:2003 т.6.5.2
Карактеристична вредност/ Characteristic value: $Q_{sk} = 100kN$
Напомене/ Notes:

- делује у нивоу горње ивице шине, управно на осу колосека, acting at the top of the rails in the perpendicular direction of the track
- множи се са коефицијентом α=1.21, should be multiplied with α=1.21,
- не множи се са коефицијентом Φ, should not be multiplied with factor Φ

2.3.6 Центрифугалне силе/ Centrifugal forces

Према/ Acc to: SRPS EN1991-2:2003 т.6.5.1
Пруга није у кривини, центрифугална сила се не разматра/ Трацк ис нот цурвед, centrifugal force is not considered.

2.3.7 Групе саобраћајних оптерећења

Према/ Acc to: SRPS EN1991-2:2003 т.6.8.2

Table 6.11 - Assessment of Groups of Loads for rail traffic (characteristic values of the multicomponent actions)

number of tracks on structure			Groups of loads			Vertical forces			Horizontal forces			Comment
			Reference EN 1991-2			6.3.2/6.3.3	6.3.3	6.3.4	6.5.3	6.5.1	6.5.2	
1	2	≥ 3	number of tracks loaded	Load Group[8]	Loaded track	LM 71[1] SW/0 [1], [2] HSLM[6][7]	SW/2 [1],[3]	Unloaded train	Traction, Braking [1]	Centrifugal force [1]	Nosing force [1]	
			1	gr11	T_1	1			1 [5]	0,5 [5]	0,5 [5]	Max. vertical 1 with max. longitudinal
			1	gr 12	T_1	1			0,5 [5]	1 [5]	1 [5]	Max. vertical 2 with max. transverse
			1	gr 13	T_1	1 [4]			1	0,5 [5]	0,5 [5]	Max. longitudinal
			1	gr 14	T_1	1 [4]			0,5 [5]	1	1	Max. lateral
			1	gr 15	T_1			1		1 [5]	1 [5]	Lateral stability with "unloaded train"
			1	gr 16	T_1		1		1 [5]	0,5 [5]	0,5 [5]	SW/2 with max. longitudinal
			1	gr 17	T_1		1		0,5 [5]	1 [5]	1 [5]	SW/2 with max. transverse
			2	gr 21	T_1 T_2	1 1			1 [5] 1 [5]	0,5 [5] 0,5 [5]	0,5 [5] 0,5 [5]	Max. vertical 1 with max longitudinal
			2	gr 22	T_1 T_2	1 1			0,5 [5] 0,5 [5]	1 [5] 1 [5]	1 [5] 1 [5]	Max. vertical 2 with max. transverse
			2	gr 23	T_1 T_2	1 [4] 1 [4]			1 1	0,5 [5] 0,5 [5]	0,5 [5] 0,5 [5]	Max. longitudinal
			2	gr 24	T_1 T_2	1 [4] 1 [4]			0,5 [5] 0,5 [5]	1 1	1 1	Max. lateral
			2	gr 26	T_1 T_2	1	1		1 [5] 1 [5]	0,5 [5] 0,5 [5]	0,5 [5] 0,5 [5]	SW/2 with max. longitudinal
			2	gr 27	T_1 T_2	1	1		0,5 [5] 0,5 [5]	1 [5] 1 [5]	1 [5] 1 [5]	SW/2 with max. transverse
			≥3	gr 31	T_1	0.75			0.75 [5]	0.75 [5]	0.75 [5]	Additional load case

(1) All relevant factors (α, Φ, f, ...) shall be taken into account.
(2) SW/0 shall only be taken into account for continuous beam structures.
(3) SW/2 needs to be taken into account only if it is stipulated for the line.
(4) Factor may be reduced to 0,5 if favourable effect, it cannot be zero.
(5) In favourable cases these non-dominant values shall be taken equal to zero.
(6) HSLM and Real Trains where required in accordance with 6.4.4 and 6.4.6.1.1.
(7) If a dynamic analysis is required in accordance with 6.4.4 see also 6.4.6.5(3) and 6.4.6.1.2.
(8) See also Table A2.3 of EN 1990

Dominant component action as appropriate

to be considered in designing a structure supporting one track (Load Groups 11-17)

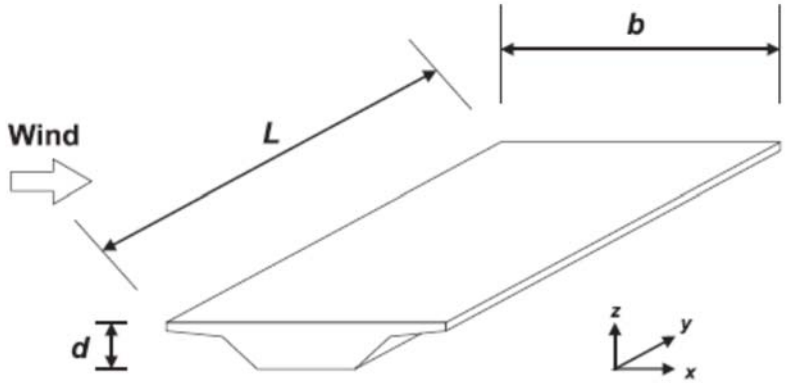
to be considered in designing a structure supporting two tracks (Load Groups 11-27 except 15). Each of the two tracks shall be considered as either T_1 (Track one) or T_2 (Track 2)

to be considered in designing a structure supporting three or more tracks; (Load Groups 11 to 31 except 15. Any one track shall be taken as T_1, any other track as T_2 with all other tracks unloaded. In addition the Load Group 31 has to be considered as an additional load case where all unfavourable lengths of track T_i are loaded.

Коментар/ Comment:
Максимални утицаји код двоколосечних мостова су од група 21-27 (оптерећена оба колосека). Групе 11-14 нису релевантне код мостова у правцу где су оба колосека између главних носача. / Max section forces for bridges with two tracks are due to groups 21-27 (both tracks loaded). Groups 11-14 are not relevant for not curved bridges with both tracks between main girders.

2.4 Оптерећења од ветра/ Wind load

Према/ Acc to: SRPS EN 1991-1-4:2012 + HA:2017
Правци деловања ветра на мост/ Wind directions:



L – дужина моста
b – ширина моста
d – висина моста

pravac x – правац управан на подужну осу моста
pravac y – правац паралелан са подужном осом моста
pravac z – правац управан на коловоз

2.4.1 Фундаментална основна брзина ветра/ Fundamental wind speed

Фундаментална основна брзина ветра/ Fundamental basic wind velocity	$v_{b,0}$ = 19.0m/s
Време осредњавања/ Averaging time	t=600s
Повратни период/ Mean return period	T=50 година
Висина изнад терена/ Height above ground level	h=10m

2.4.2 Основна брзина ветра/ Basic wind velocity

Према/ Acc to: SRPS EN1991-1-4:2005+A1, t.4.2

$$v_b = c_{dir} c_{season} v_{b,0} = 19.0 m/s$$

коефицијент правца/ directional factor: c_{dir}=1.0
коефицијент сезонског деловања/ season factor: c_{season}=1.0

2.4.3 Средња брзина ветра/ Mean wind velocity

Према/ Acc to: SRPS EN1991-1-4:2005+A1, t.4.3

$$v_m(z) = c_r(z) \cdot c_o(z) \cdot v_b = 1.0 \cdot 1.0 \cdot 19.0 = 19.0 m/s$$

- Коефицијент храпавости/ roughness factor c_r

$$c_r(z) = k_r \cdot \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) \quad \text{за} \quad z_{min} \le z \le z_{max}$$

$$c_r(z) = c_r(z_{min}) \quad \text{за} \quad z \le z_{min} \qquad (4.4)$$

где је:

z_0 дужина храпавости;

k_r коефицијент терена који зависи од дужине храпавости z_0, а сачунава се коришћењем израза:

$$k_r = 0{,}19 \cdot \left(\frac{z_0}{z_{0,II}}\right)^{0{,}07} \qquad (4.5)$$

где је:

$z_{0,II}$ = 0,05 m (терен категорије II, табела 4.1);

z_{min} минимална висина, дефинисана у табели 4.1;

z_{max} треба да буде узето као 200 m.

Величине z_0, z_{min} зависе од категорије терена. Препоручене вредности за пет репрезентативних категорија терена дате су у табели 4.1.

Табела 4.1 — Категорије терена и параметри терена

Категорија терена		z_0 m	z_{min} m
0	Море или обално подручје изложено отвореном мору	0,003	1
I	Језера или равничарска и хоризонтална површина са занемарљивом вегетацијом и без препрека	0,01	1
II	Површина са ниском вегетацијом, као што је трава, и изолованим препрекама (дрвеће, зграде) које су удаљене за најмање 20 висина препреке	0,05	2
III	Површина са редовном прекривеношћу вегетацијом или зградама или, пак, изолованим препрекама које су удаљене за највише 20 висина препреке (као што су села, приградски терени, непрекидна шума)	0,3	5
IV	Површина на којој је најмање 15 % површине прекривено зградама, чија просечна висина прелази 15 m	1,0	10
НАПОМЕНА Категорије терена илустроване су у А.1.			

Висина изнад терена/ Height above ground: $z_{sr} = 12.0m$

Дужина храпавости/ roughness length: $z_0 = 0.05m$, $z_{0,II} = 0.05m$

Минимална висина/ minimum height: $z_{min} = 2.0m$

Максимална висина/ maximum height: $z_{max} = 200.0m$

Фактор терена/ Terrain factor: $k_r = 0.19\left(\frac{0.05}{0.05}\right)^{0.07} = 0.19$

Фактор храпавости: $c_r = 0.19 \cdot \ln\left(\frac{12}{0.05}\right) = 1.04$

- Коефицијент топографије/ orography factor c_o

  $c_o = 1.0 \rightarrow$ препоручна вредност/ recommended value SRPS EN1991-1-4:2005+A1, t.4.3.1

2.4.4 Интензитет торбуленције/ Turbulence intesity

Према/Acc to: SRPS EN1991-1-4:2005+A1, t.4.4

$$I_v(z) = \frac{\sigma_v}{v_m(z)} = \frac{k_I}{c_o(z)\cdot \ln(z/z_0)} \quad \text{за} \quad z_{min} \le z \le z_{max}$$

(4.7)

$$l_v(z) = l_v(z_{min}) \quad \text{за} \quad z < z_{min}$$

где је:

k_I коефицијент турбуленције; вредност коефицијента k_I може да буде дата у националном прилогу; препоручена вредност за коефицијент k_I је 1,0;

c_o коефицијент топографије, онако како је описано у 4.3.3;

z_0 дужина храпавости, дата у табели 4.1.

$$I_v(z) = \frac{1.0}{1.0\cdot \ln\left(\frac{12.0}{0.05}\right)} = 0.182$$

$$\sigma_v = k_r v_b k_I = 0.19\cdot 19.0\cdot 1.0 = 3.61$$

2.4.5 Ударни притисак ветра/ Peak velocity pressure

Према/ Acc to: SRPS EN1991-1-4:2005+A1, t.4.5

$$q_p(z) = \left[1+7\cdot I_v(z)\right]\cdot \tfrac{1}{2}\cdot \rho \cdot v_m^2(z) = c_e(z)\cdot q_b$$

$$q_p(12m) = \left[1+7\cdot 0.182\right]\cdot 0.5\cdot 1.25\cdot 10^{-3}\cdot 19.0^2 = 0.513 kN/m^2$$

$$q_b = 0.5\cdot \rho \cdot v_m^2(z)\cdot 10^{-3} = 0.225 kN/m^2$$

$$c_e(z) = \frac{q_p(z)}{q_b} = \frac{0.513}{0.225} = 2.28$$

2.4.6 Силе у правцу X/ Forces in X direction

Према/Acc to: SRPS EN1991-1-4:2005+A1, t.8.3.

$$F_w = 0.5\cdot \rho \cdot v_b^2 \cdot C \cdot A_{ref,x} = q_b \cdot C \cdot A_{ref,x}$$

v_b – основна брзина ветра/ basic wind velocity

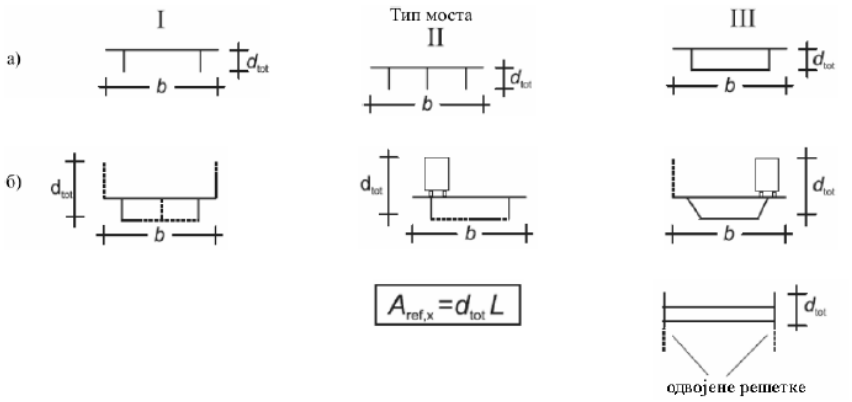
C – коефицијент оптерећења/ = $c_e c_{f,x}$

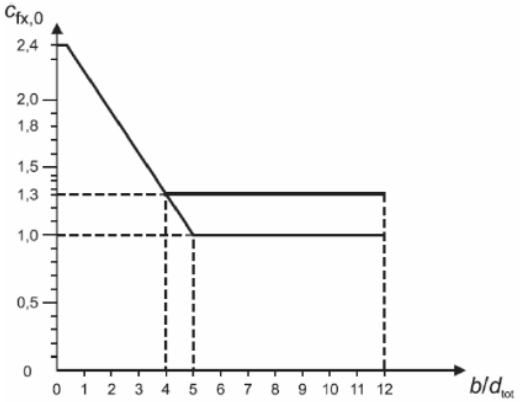
$A_{ref,x}$ – референтна површина у X правцу/ Reference area in X direction

Коефицијенти силе/ Force coefficient

Доњи појас/ Bottom chord

SRPS EN 1991-1-4

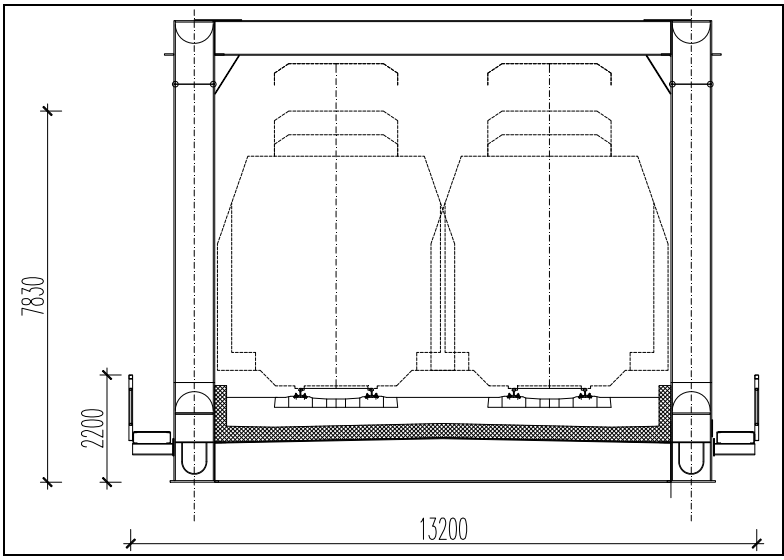




а) Фаза грађења или отворене ограде (отворене више од 50 %) или отворене заштитне баријере

б) Пуне ограде, звучна баријера, пуне заштитне баријере или саобраћај

Слика 8.3 — Коефицијент силе за мостове, $c_{fx,0}$



$$A_{ref} = 2.2 \cdot 64 = 140.8 m^2$$

$$A_{ref,saob} = 7.83 \cdot 64 = 501.0 m^2$$

$$\frac{b}{d_{tot}} = \frac{13.20}{2.2} = 6.0$$

$$\frac{b}{d_{tot,saob}} = \frac{13.2}{7.83} = 1.69$$

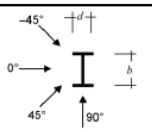
$$c_{fx,0} = 1.3$$

$$c_{fx,0,saob} = 2.1$$

Дијагонале/ Diagonals
SRPS EN 1991-1-4/HA:2017

SRPS EN 1991-1-4/NA:2017 © ИСС 2017

Табела 2 – Коефицијент $c_{f,0}$ за различите облике оштровичних профила



Облик	Однос ширине и висине	Правац ветра	$c_{fx,0}$	$c_{fy,0}$
	$d/b < 0,1$	0°	2,00	0
	$d/b = 1,0$	0° 45° 90°	1,65 2,20 1,30	0 1,00 2,10
	$d/b = 1,0$	0° 45° 90°	2,00 1,15 –1,30	0 0,80 2,10
	$d/b = 0,5$	0° +45° –45° 90°	2,00 1,80 1,30 1,75	2,00 1,60 –0,40 2,50
	$d/b = 0,5$	0° +45° –45° 90°	2,00 1,55 1,55 –0,25	-0,20 1,40 –1,60 1,60
	$d/b = 1,0$	0° 45° 90°	1,80 1,80 2,00	2,00 1,80 1,80
	$d/b = 1,0$	0° +45° –45° 90°	1,90 1,40 0,70 –0,20	–0,20 1,40 –1,80 1,90
	$d/b = 1,0$	0° 45° 90°	2,00 0,85 0	0 0,85 2,00
	$d/b = 0,5$	0° 45° 90°	2,00 1,80 0	0 1,20 1,60
	$d/b = 0,66$	0° 45° 90°	1,85 1,70 0	0 1,50 1,80
	$d/b = 1,0$	0° 45° 90°	1,70 1,50 0	0 1,50 1,70
	$d/b = 0,5$	0° 45° 90°	2,10 1,80 0	0 1,20 1,40
	$d/b = 0,5$	0° 45° 90°	1,80 1,80 0	0 1,00 2,40

Горњи појас/Top chord

Дијагонале/ Diagonals

$c_{fx,0} = 1.75$

Горњи појас
СРПС ЕН 1991-1-4/НА:2017
$c_{fx,0} = 2.00$

$F_{w,d.pojas} = q_b \cdot C \cdot d_{tot} = 0.225 \cdot 2.28 \cdot 1.30 \cdot 2.20 = 1.30 kN/m'$ - мост без саобраћаја
$F_{w,d.pojas,saob} = q_b \cdot C \cdot d_{tot} = 0.225 \cdot 2.28 \cdot 2.10 \cdot 7.83 = 8.43 kN/m'$ - мост са саобраћајем
$F_{w,dij} = q_b \cdot C \cdot d = 0.225 \cdot 2.28 \cdot 1.7 \cdot 0.8 = 0.70 kN/m'$
$F_{w,g.pojas} = q_b \cdot C \cdot b = 0.225 \cdot 2.28 \cdot 2.0 \cdot 0.73 = 0.749 kN/m'$

2.5 Термичка оптерећења/ Thermal actions

Прорачун оптерећења услед дејства температуре према стандарду SRPS EN 1991-1-5 уз поштовање одредби националног анекса СРПС ЕН 1991-1-5/НА./ Thermal actions will be derived constdering SRPS EN 1991-1-5 and nationa annex SRPS EN 1991-1-5/NA

Екстремно максималне (T_{max}) односно минималне (T_{min}) температуре ваздуха у хладу, са вероватноћом реализације P=0.02, усвојене су према SRPS EN 1991-1-5/NA прилог А.

Extreme maximal (T_{max}) and minimal (T_{min}) air shade temperature, with probability of being exceeded P=0.02, are derived from SRPS EN 1991-1-5/NA annex A.

Тип конструкције/ Type of structure:

Главни носачи/ Main girders: Тип 1/Type1 (челични решеткасти или пуни носачи)

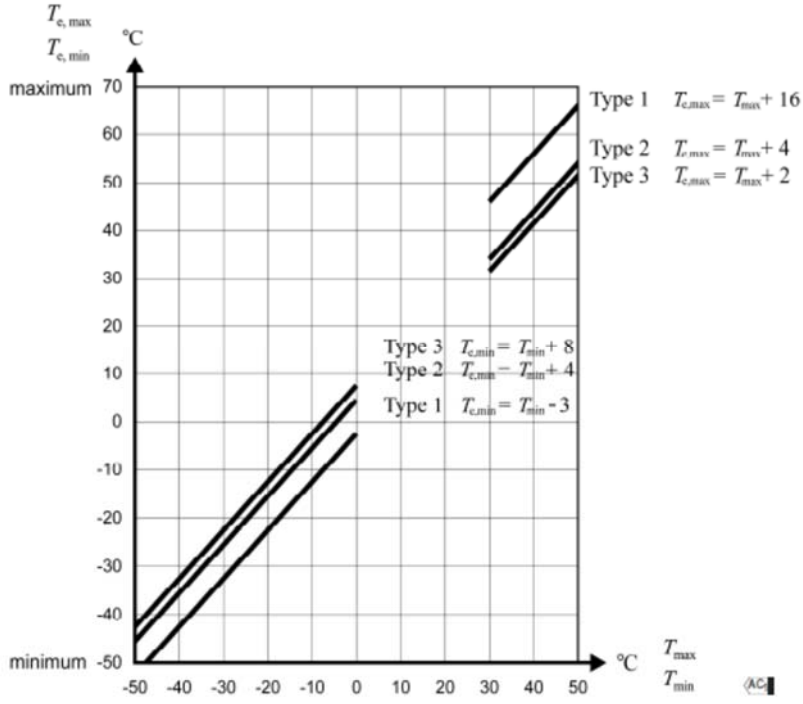
Попречни носачи/ Cross girders: Тип 2/Type 2 (спрегнута коловозна конструкција)

2.5.1 Равномерна температура

Минимална и максимална температура ваздуха у хладу T_{min}, T_{max}

Минимална температура ваздуха у хладу Min air shade temperature	T_{min} = -31˚C
Максимална температура ваздуха у хладу Max air shade temperature	T_{max} = +43˚C

Компоненте миниалних и максималних температура ваздуха/ Uniform bridge temperature components$T_{e,min}$, $T_{e,max}$



Корелација између/ Correlation between T_{min}/T_{max} i $T_{e,min}$, $T_{e,max}$

	Тип 1	Тип 2
Компонента мин. температуре ваздуха Min bridge temperature components	$T_{e,min}$ = -34˚C	$T_{e,min}$ = -27˚C
Компонента maks. температуре ваздуха Max bridge temperature components	$T_{e,max}$ = +59˚C	$T_{e,max}$ = +47˚C

- Подручје компоненте равномерне температуре моста/ Range of uniform bridge temperature component

Почетна температура	T_0 = 10˚C
Карактеристична вредност подучја макс. скраћења за конструкцију	$\Delta T_{N,con}$ = 10-(-34) = 44˚C
Карактеристична вредност подучја макс. издуженја за конструкцију	$\Delta T_{N,exp}$ = 59-10 = 49˚C
Karakteristična vrednost područja maks. skraćenja za ležišta i dilatacije	$\Delta T_{H,con}$ = 44+10=54˚C
Karakteristična vrednost područja maks. izduženja za ležišta i dilatacije	$\Delta T_{H,exp}$ = 49+10=59˚C

2.5.2 Температурна разлика/ Temperature difference

- Компоненте линеарне температурне разлике/ linear temperature difference component $\Delta T_{M,heat}$, $T_{M,cool}$

  Препоручене вредности/ Recommended values:

Table 6.1: Recommended values of linear temperature difference component for different types of bridge decks for road, foot and railway bridges

Type of Deck	Top warmer than bottom	Bottom warmer than top
	$\Delta T_{M,heat}$ (°C)	$\Delta T_{M,cool}$ (°C)
Type 1: Steel deck	18	13
Type 2: Composite deck	15	18
Type 3: Concrete deck: - concrete box girder - concrete beam - concrete slab	 10 15 15	 5 8 8
NOTE 1: The values given in the table represent upper bound values of the linearly varying temperature difference component for representative sample of bridge geometries. NOTE 2: The values given in the table are based on a depth of surfacing of 50 mm for road and railway bridges. For other depths of surfacing these values should be multiplied by the factor k_{sur}. Recommended values for the factor k_{sur} is given in Table 6.2.		

Коефицијент k_{sur}:

Road, foot and railway bridges						
Surface Thickness	Type 1		Type 2		Type 3	
	Top warmer than bottom	Bottom warmer than top	Top warmer than bottom	Bottom warmer than top	Top warmer than bottom	Bottom warmer than top
[mm]	k_{sur}	k_{sur}	k_{sur}	k_{sur}	k_{sur}	k_{sur}
unsurfaced	0,7	0,9	0,9	1,0	0,8	1,1
water-proofed [1)]	1,6	0,6	1,1	0,9	1,5	1,0
50	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
100	0,7	1,2	1,0	1,0	0,7	1,0
150	0,7	1,2	1,0	1,0	0,5	1,0
ballast (750 mm)	0,6	1,4	0,8	1,2	0,6	1,0
[1)] These values represent upper bound values for dark colour						

Елемент/ Element	Препоручене вредности/ Recommended values		Коефицијент/ Koeficient κ_{cyp}		$\Delta T_{M,heat}$ (˚C)	$T_{M,cool}$ (˚C)
	Горња страна топлија Top surface warmer	Доња страна топлија Bottom surface warmer	Горња страна топлија Top surface warmer	Доња страна топлија Bottom surface warmer		
Главни носачи/ Main girders	18	13	0.7	0.9	12.6	11.7
Попречни носачи/ Cross girders	15	18	1.0	1.0	15	18

2.6 Сеизмичка оптерећења/ Seismic actions

2.6.1 Сеизмичко оптерећење/ Seismic load A_{Ek}

Види/ See 12.1.1

2.7 Комбинације оптерећења/ Load combinations

Према/Acc to: SRPS EN1990:2002+A1:2001+Cor2008,2010, SRPS EN1991-2:2003

2.7.1 Опште/ General

Општа правила код комбиновања оптерећења код железничких мостова (наведена су само најмаркантнија правила од важности за пројекат)/ General rools for load combinations (overview of most important rools) :

- Оптерећења од снега не треба узимати у обзир ни код сталних ни код променивих прорачунских ситуација, након изградње моста, осим ако није другачије специфицирано за конретно географско подручје и одређен тип железничког моста./Snow loads need not be taken into account in any combination for persistent design situations nor for any transient design situation after the completion of the bridge unless otherwise specified for particular geographical areas and certain types of railway bridges.
- Оптерећења од ветра не треба комбиновати са: gr13, gr23, gr16, gr17, gr26, gr27 i LMSW/2./ Wind action need not be combined with gr13, gr23, gr16, gr17, gr26, gr27 i LMSW/2
- Код комбиновања саобраћајних оптерећења и оптерећења од ветра треба обухватити:
  - вертикална саобраћајна оптерећења укључујући динамички фактор, хоризонтална саобраћајна оптерећења и оптерећења од ветра са сваким оптерећењем посматраним као водећим у посебној комбинацији.
  - вертикална саобраћајна оптеренја без динамичког оптерећења и попречна саобраћајна оптерећења од “неоптерећеног воза” дефинисаног у EN1991-2 са оптерећењима од ветра за провере стабилности.

  /The combinations of actions to be taken into account when traffic actions and wind actions act simultaneously should include:
  - vertical rail traffic actions including dynamic factor, horizontal rail traffic actions and wind forces with each action being considered as the leading action of the combination of actions one at a time;
  - vertical rail traffic actions excluding dynamic factor and lateral rail traffic actions from the “unloaded train” defined in EN 1991-2 (6.3.4 and 6.5) with wind forces for checking stability.”
- Групе оптерећења дефинишу се према SRPS EN1991-2 табела 6.11./ Groups of loads should be acc to SRPS EN1991-2 table 6.11.

Општи образац за комбиновање оптерећења/ General formula for load combinations:

$$\Sigma\gamma_{G,j}G_{k,j}+\gamma_{Q,1}Q_{k,1}+\Sigma\gamma_{Q,i}\psi_{0,i}Q_{k,i}$$

Препоручени коефицијенти ψ/ Recomended ψ factors

Table A2.3 – Recommended values of ψ factors for railway bridges

Actions			ψ_0	ψ_1	ψ_2 [4]
Individual components of traffic actions [5]	LM 71		0,80	[1]	0
	SW/0		0,80	[1]	0
	SW/2		0	1,00	0
	Unloaded train		1,00	–	–
	HSLM		1,00	1,00	0
	Traction and braking Centrifugal forces Interaction forces due to deformation under vertical traffic loads		Individual components of traffic actions in design situations where the traffic loads are considered as a single (multi-directional) leading action and not as groups of loads should use the same values of ψ factors as those adopted for the associated vertical loads		
	Nosing forces		1,00	0,80	0
	Non public footpaths loads		0,80	0,50	0
	Real trains		1,00	1,00	0
			0,80	[1]	0
	Horizontal earth pressure due to traffic load surcharge		0,80	0,50	0
	Aerodynamic effects				
Main traffic actions (groups of loads)	gr11 (LM71 + SW/0)	Max. vertical 1 with max. longitudinal			
	gr12 (LM71 + SW/0)	Max. vertical 2 with max. transverse			
	gr13 (Braking/traction)	Max. longitudinal			
	gr14 (Centrifugal/nosing)	Max. lateral	0,80	0,80	0
	gr15 (Unloaded train)	Lateral stability with "unloaded train"			
	gr16 (SW/2)	SW/2 with max. longitudinal			
	gr17 (SW/2)	SW/2 with max. transverse			
	gr21 (LM71 + SW/0)	Max. vertical 1 with max. longitudinal			
	gr22 (LM71 + SW/0)	Max. vertical 2 with max transverse			
	gr23 (Braking/traction)	Max. longitudinal	0,80	0,70	0
	gr24 (Centrifugal/nosing)	Max. lateral			
	gr26 (SW/2)	SW/2 with max. longitudinal			
	gr27 (SW2)	SW/2 with max. transverse			
	gr31 (LM71 + SW/0)	Additional load cases	0,80	0,60	0
Other operating actions	Aerodynamic effects		0,80	0,50	0
	General maintenance loading for non public footpaths		0,80	0,50	0
Wind forces [2]	F_{Wk}		0,75	0,50	0
	F_W^*		1,00	0	0

Table continued on next page

Table continued from previous page				
Thermal actions [3]	T_k	0,60	0,60	0,50
Snow loads	$Q_{Sn,k}$ (during execution)	0,8	-	0
Construction loads	Q_c	1,0	-	1,0

1) 0,8 if 1 track only is loaded
0,7 if 2 tracks are simultaneously loaded
0,6 if 3 or more tracks are simultaneously loaded.

2) When wind forces act simultaneously with traffic actions, the wind force $\psi_0 F_{Wk}$ should be taken as no greater than F_W^* (see EN 1991-1-4). See A2.2.4(4).

3) See EN 1991-1-5.

4) If deformation is being considered for Persistent and Transient design situations, ψ_2 should be taken equal to 1,00 for rail traffic actions. For seismic design situations, see Table A2.5.

5) Minimum coexistent favourable vertical load with individual components of rail traffic actions (e.g. centrifugal, traction or braking) is 0,5LM71, etc.

NOTE 5 For specific design situations (e.g. calculation of bridge camber for aesthetics and draina consideration, calculation of clearance, etc.) the requirements for the combinations of actions to be used may defined for the individual project.

NOTE 6 For railway bridges, the infrequent value of variable actions is not relevant.

2.7.2 Комбинације оптерећења за ULS

Table A2.4(B) - Design values of actions (STR/GEO) (Set B)

Persistent and transient design situation	Permanent actions		Prestress	Leading variable action (*)	Accompanying variable actions (*)		Persistent and transient design situation	Permanent actions		Prestress	Leading variable action (*)	Accompanying variable actions (*)	
	Unfavourable	Favourable			Main (if any)	Others		Unfavourable	Favourable			Main (if any)	Others
(Eq. 6.10)	$\gamma_{G,j,sup}G_{k,j,sup}$	$\gamma_{G,j,inf}G_{k,j,inf}$	$\gamma_P P$	$\gamma_{Q,1}Q_{k,1}$		$\gamma_{Q,i}\psi_{0,i}Q_{k,i}$	(Eq. 6.10a)	$\gamma_{G,j,sup}G_{k,j,sup}$	$\gamma_{G,j,inf}G_{k,j,inf}$	$\gamma_P P$		$\gamma_{Q,1}\psi_{0,1}Q_{k,1}$	$\gamma_{Q,i}\psi_{0,i}Q_{k,i}$
							(Eq. 6.10b)	$\xi\gamma_{G,j,sup}G_{k,j,sup}$	$\gamma_{G,j,inf}G_{k,j,inf}$	$\gamma_P P$	$\gamma_{Q,1}Q_{k,1}$		$\gamma_{Q,i}\psi_{0,i}Q_{k,i}$

(*) Variable actions are those considered in Tables A2.1 to A2.3.

NOTE 1 The choice between 6.10, or 6.10a and 6.10b will be in the National Annex. In the case of 6.10a and 6.10b, the National Annex may in addition modify 6.10a to include permanent actions only.

NOTE 2 The γ and ξ values may be set by the National Annex. The following values for γ and ξ are recommended when using expressions 6.10, or 6.10a and 6.10b:
$\gamma_{G,sup} = 1,35$ [1]
$\gamma_{G,inf} = 1,00$
$\gamma_Q = 1,35$ when Q represents unfavourable actions due to road or pedestrian traffic (0 when favourable)
$\gamma_Q = 1,45$ when Q represents unfavourable actions due to rail traffic, for groups of loads 11 to 31 (except 16, 17, 26[3] and 27[3]), load models LM71, SW/0 and HSLM and real trains, when considered as individual leading traffic actions (0 when favourable)
$\gamma_Q = 1,20$ when Q represents unfavourable actions due to rail traffic, for groups of loads 16 and 17 and SW/2 (0 when favourable)
$\gamma_Q = 1,50$ for other traffic actions and other variable actions [2]
$\xi = 0,85$ (so that $\xi\gamma_{G,sup} = 0,85 \times 1,35 \equiv 1,15$).
$\gamma_{Qunf} = 1,20$ in the case of a linear elastic analysis, and $\gamma_{Qunf} = 1,35$ in the case of a non linear analysis, for design situations where actions due to uneven settlements may have unfavourable effects. For design situations where actions due to uneven settlements may have favourable effects, these actions are not to be taken into account.
See also EN 1991 to EN 1999 for γ values to be used for imposed deformations.
ψ_i = recommended values defined in the relevant design Eurocode.

[1]This value covers: self-weight of structural and non structural elements, ballast, soil, ground water and free water, removable loads, etc.
[2]This value covers: variable horizontal earth pressure from soil, ground water, free water and ballast, traffic load surcharge earth pressure, traffic aerodynamic actions, wind and thermal actions, etc.
[3]For rail traffic actions for groups of loads 26 and 27 $\gamma_Q = 1,20$ may be applied to individual components of traffic actions associated with SW/2 and $\gamma_Q = 1,45$ may be applied to individual components of traffic actions associated with load models LM71, SW/0 and HSLM, etc.

Table continued on next page

Table continued from previous page

NOTE 3 The characteristic values of all permanent actions from one source are multiplied by $\gamma_{G,sup}$ if the total resulting action effect is unfavourable and $\gamma_{G,inf}$ if the total resulting action effect is favourable. For example, all actions originating from the self-weight of the structure may be considered as coming from one source; this also applies if different materials are involved. See however A2.3.1(2).

NOTE 4 For particular verifications, the values for γ_G and γ_Q may be subdivided into γ_g and γ_q and the model uncertainty factor γ_{Sd}. A value of γ_{Sd} in the range 1,0–1,15 may be used in most common cases and may be modified in the National Annex.

NOTE 5 Where actions due to water are not covered by EN 1997 (e.g. flowing water), the combinations of actions to be used may be specified for the individual project.

Општи образац за комбиновање оптерећења/ General formula for load combinations:

$$\sum_{j\geq 1}\gamma_{G,j}G_{k,j}+\gamma_{Q,1}Q_{k,1}+\sum_{i>1}\gamma_{Q,i}\psi_{0,i}Q_{k,i}$$

Комбинације оптерећења које ће се разматрати за ULS/ Load combinations to be considered for ULS

Комб. број	Група саобр опт.	Комбинација оптерећења
1.1	gr 21	$1.35(G_{k,1}+G_{k,2})+1.45(Q_{k,1}+Q_{lbk}+0.5\,Q_{tk}+0.5Q_{sk})+1.5\,(0.75\,F_{wk}+0.8\,q_{fk}+0.6\,T_k)$
1.2	gr 22	$1.35(G_{k,1}+G_{k,2})+1.45(Q_{k,1}+0.5Q_{lbk}+Q_{tk}+Q_{sk})+1.5\,(0.75\,F_{wk}+0.8\,q_{fk}+0.6\,T_k)$
1.3	gr 26	$1.35(G_{k,1}+G_{k,2})+1.20(Q_{k,1}+Q_{lbk}+0.5\,Q_{tk}+0.5Q_{sk})+1.5\,(0.8\,q_{fk}+0.6\,T_k)$
1.4	gr 27	$1.35(G_{k,1}+G_{k,2})+1.20(Q_{k,1}+0.5Q_{lbk}+Q_{tk}+Q_{sk})+1.5\,(0.8\,q_{fk}+0.6\,T_k)$
1.5	gr 21	$1.35(G_{k,1}+G_{k,2})+1.5\,F_{wk}+1.45(0.8(Q_{k,1}+Q_{lbk}+0.5\,Q_{tk}+0.5Q_{sk}))$

2.7.3 Комбинације оптерећења за SLS/ SLS load combinations

Карактеристична комбинација за неповратна гранична стања/ Characteristic combinations:

$$\sum_{j\geq 1}G_{k,j}+Q_{k,1}+\sum_{i>1}\psi_{0,i}Q_{k,i}$$

Честа комбинација дејстава за повратна гранична стања/ Frequent combination:

$$\sum_{j\geq 1}G_{k,j}+\psi_{1,1}Q_{k,1}+\sum_{i>1}\psi_{2,i}Q_{k,i}$$

Квази-стална комбинација дејстава за дуготрајна дејства и изглед конструкција/ Quasi-permanent combination:

$$\sum_{j\geq 1}G_{k,j}+\sum_{i>1}\psi_{2,i}Q_{k,i}$$

2.7.4 Комбинације дејстава за сеизмичке ситуације/ Seismic load combinations

$$\sum_{j\geq 1}G_{k,j}+A_{Ed}+\sum_{i>1}\psi_{2,i}Q_{k,i}$$

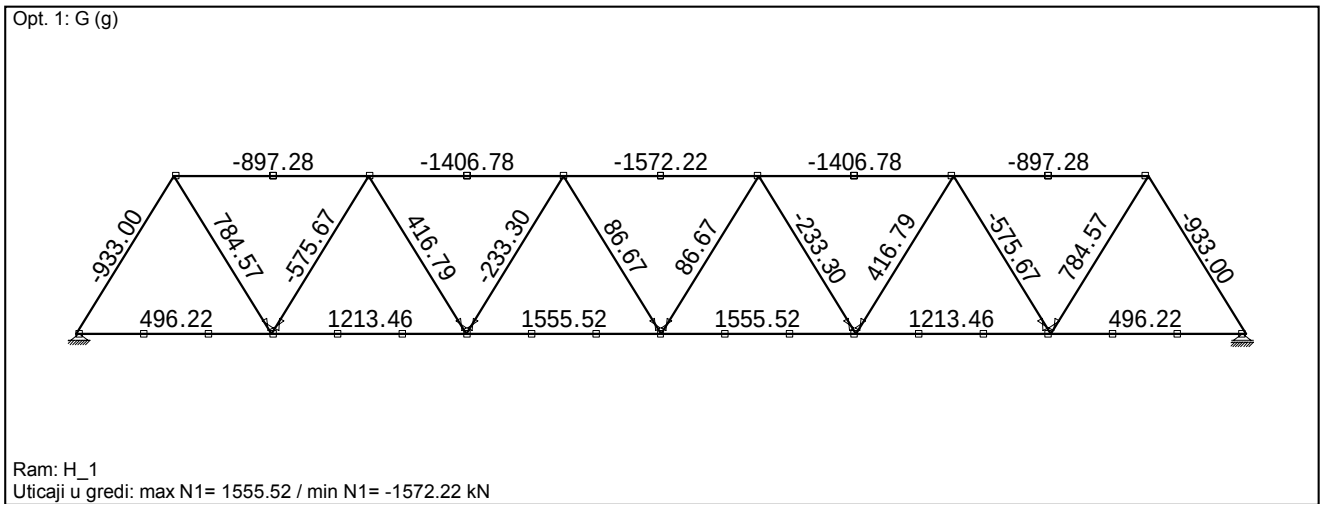
$$(G_{k,1}+G_{k,2})+A_{Ed}+0.5Tk$$

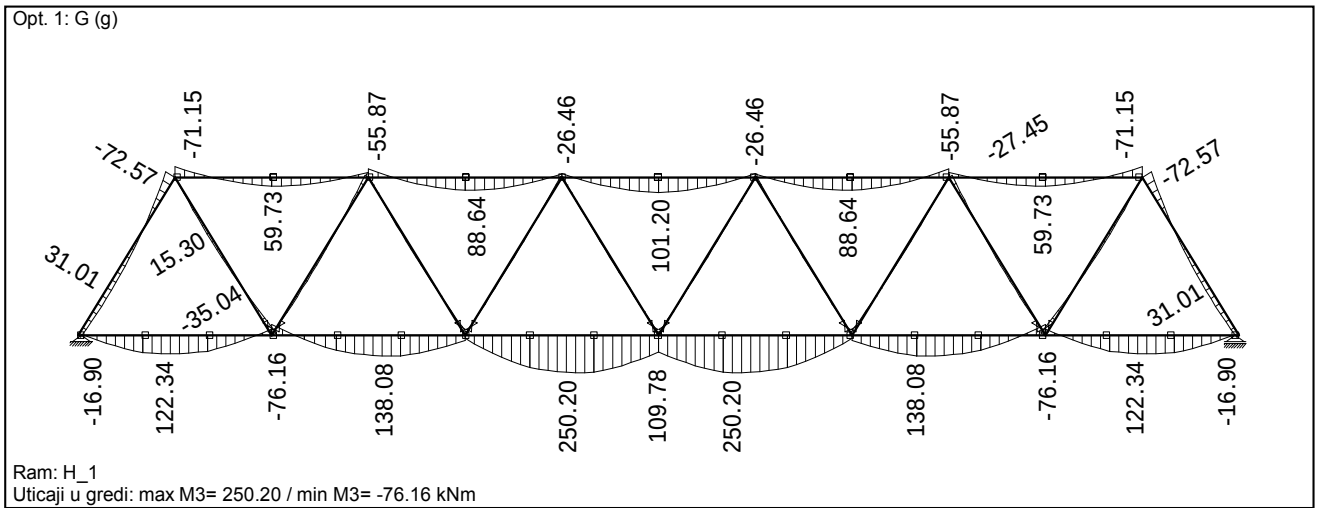
3. СТАТИЧКИ УТИЦАЈИ/ SECTION FORCES

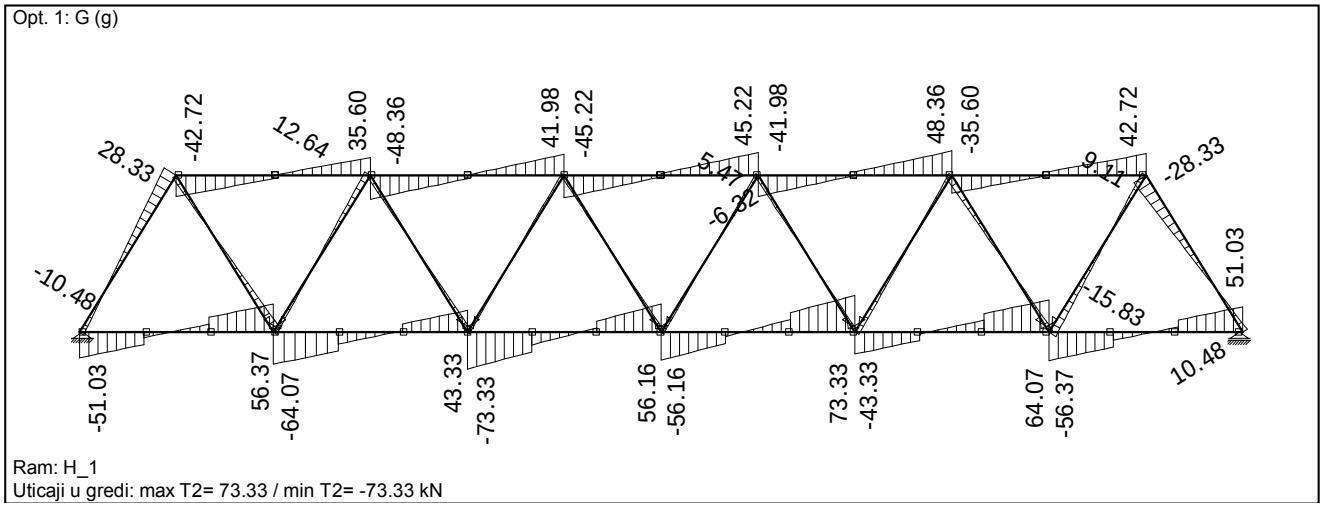
3.1 Дијаграми пресечних сила/ Section forces diagrams

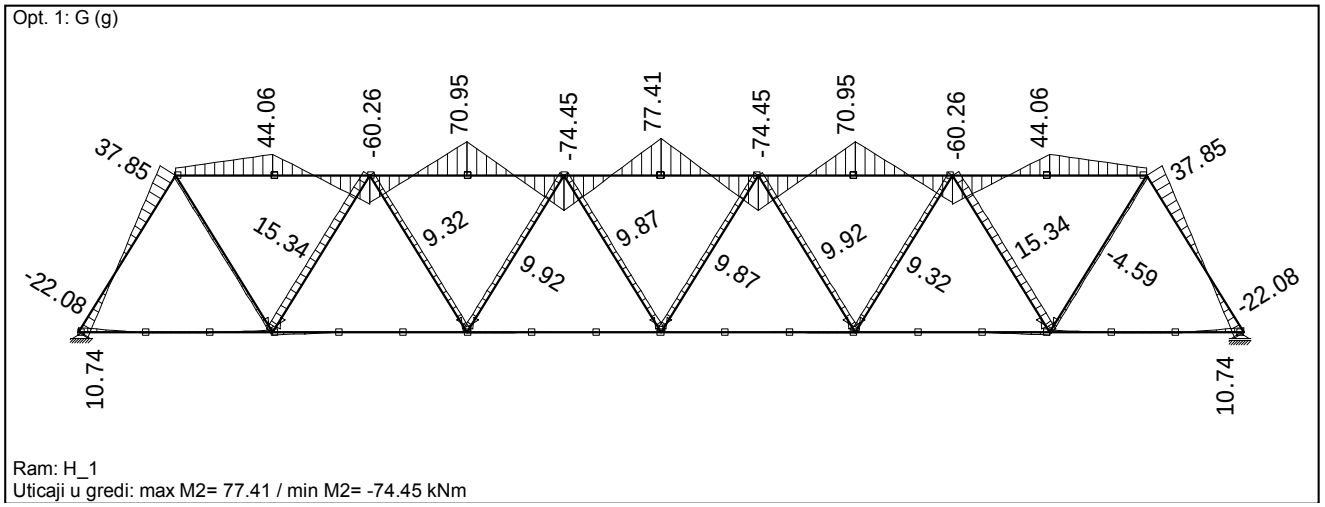
3.1.1 Стална оптерећења/ Permanent loads

3.1.1.1 Челична конструкција/ Steel structure

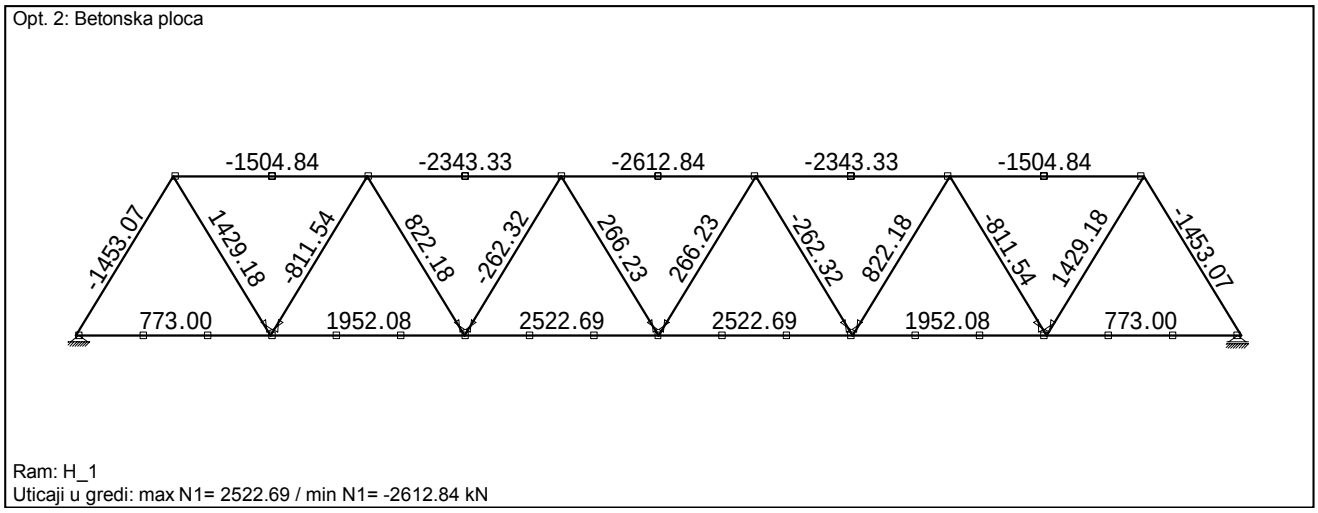


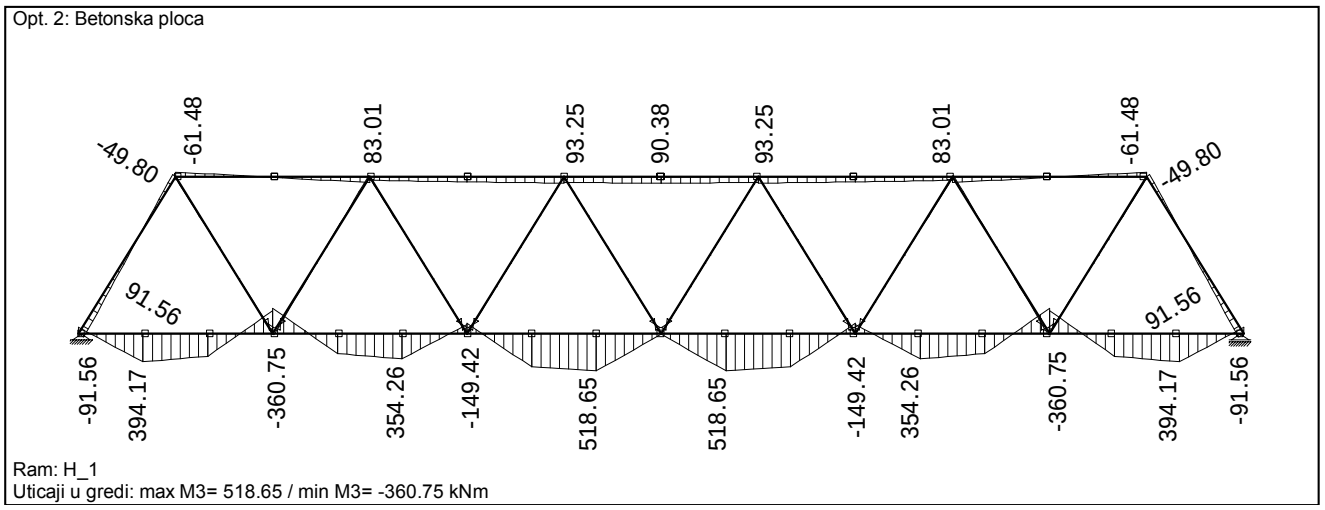




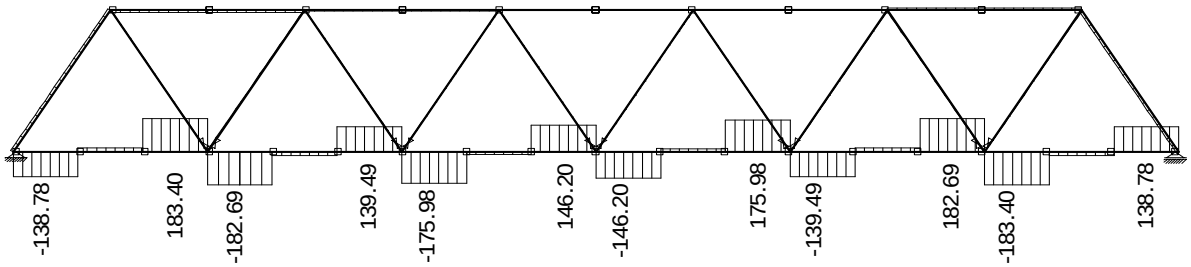


3.1.1.2 Бетонска плоча/ Concrete deck



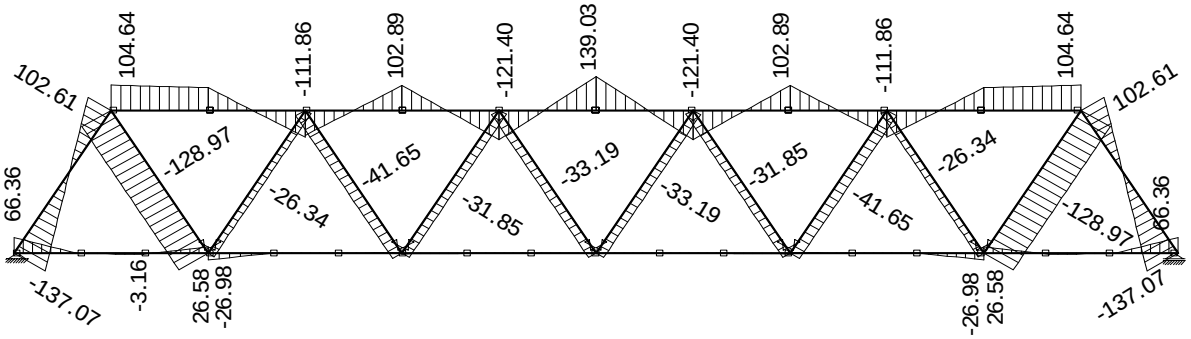


Opt. 2: Betonska ploca



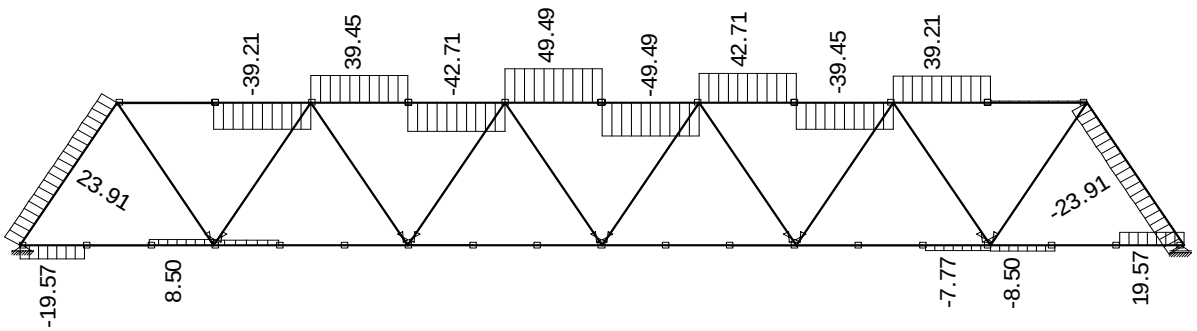
Ram: H_1
Uticaji u gredi: max T2= 183.40 / min T2= -183.40 kN

Opt. 2: Betonska ploca



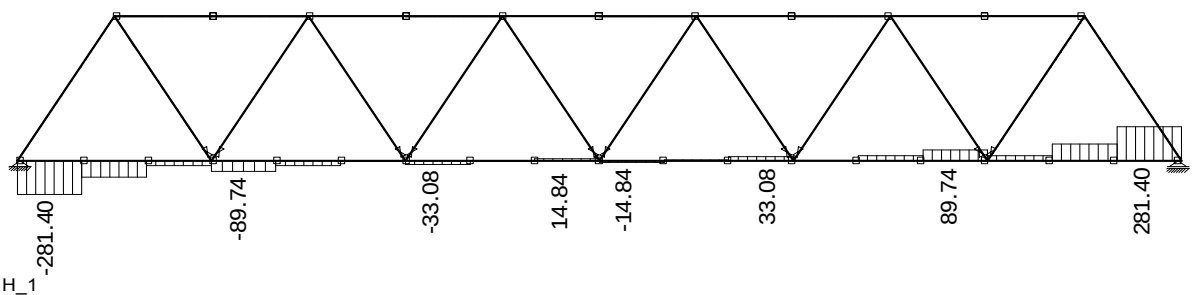
Ram: H_1
Uticaji u gredi: max M2= 139.03 / min M2= -137.07 kNm

Opt. 2: Betonska ploca



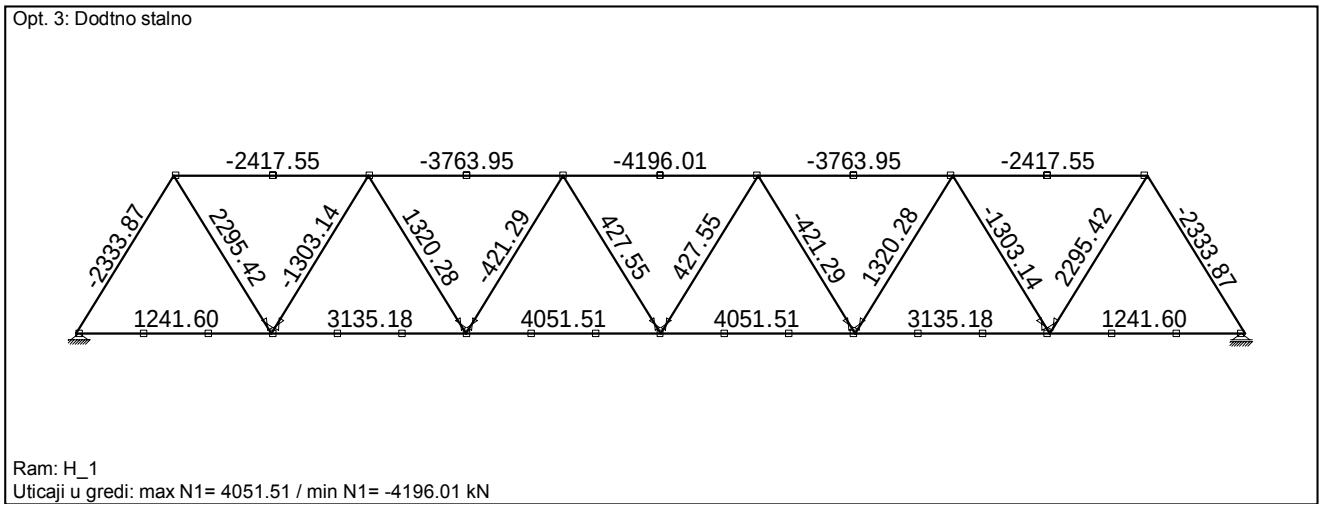
Ram: H_1
Uticaji u gredi: max T3= 49.49 / min T3= -49.49 kN

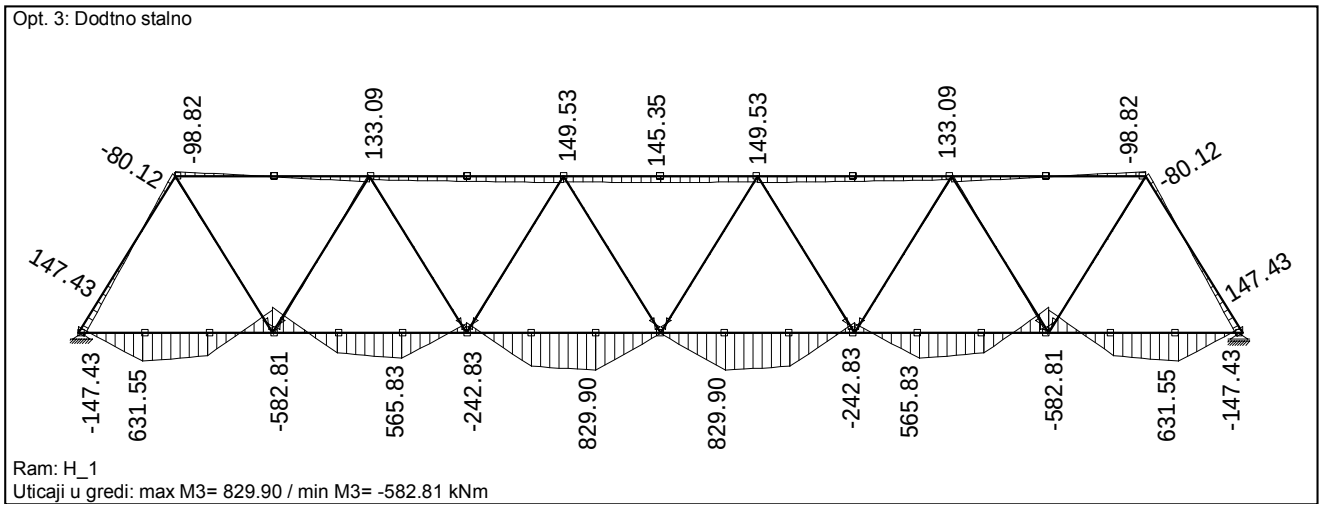
Opt. 2: Betonska ploca

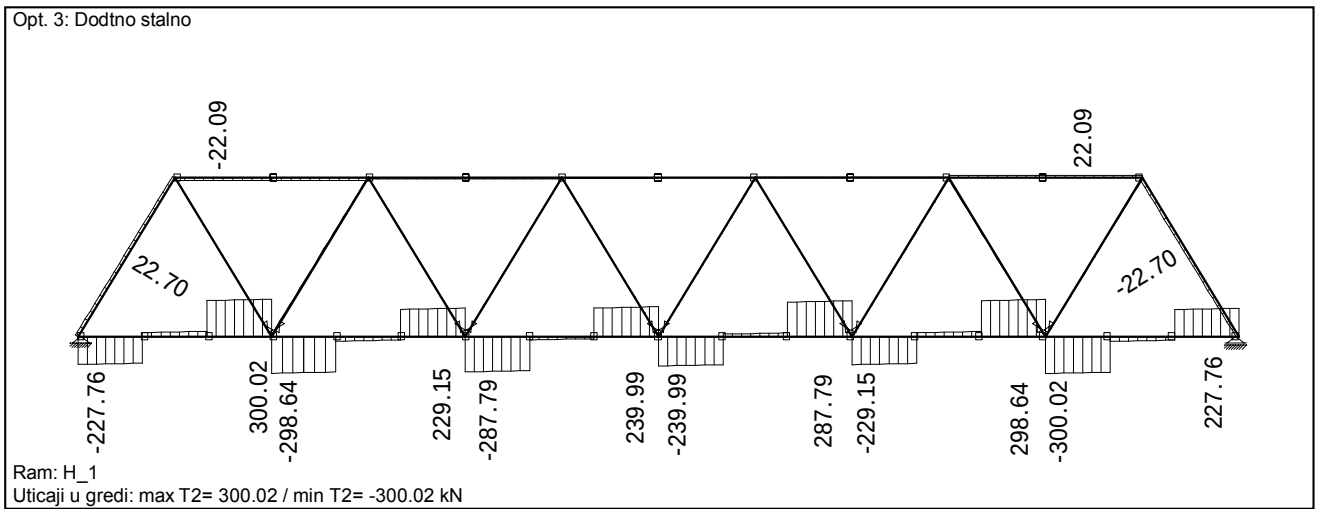


Ram: H_1
Uticaji u gredi: max M1= 281.40 / min M1= -281.40 kNm

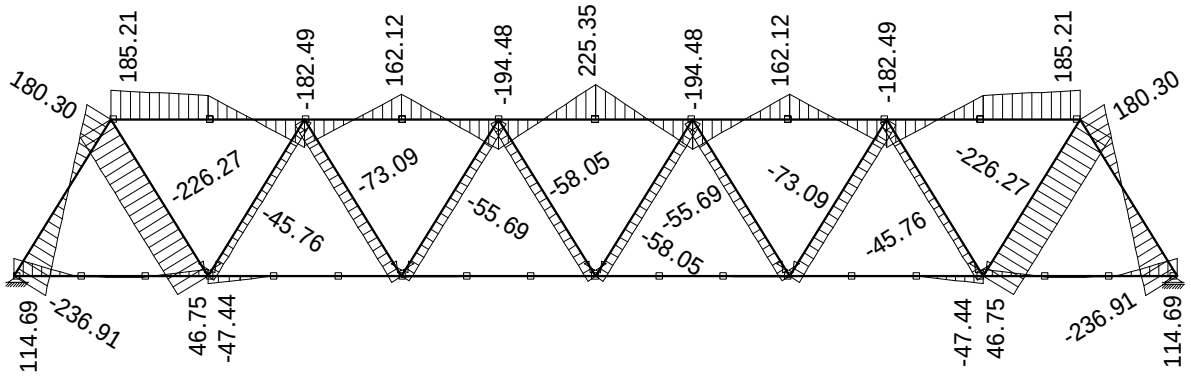
3.1.1.3 Додатно стално/ Dead load





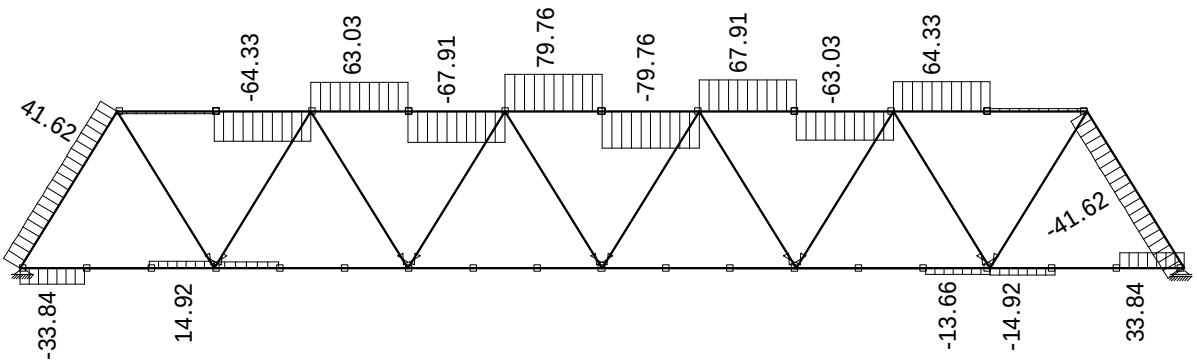


Opt. 3: Dodtno stalno



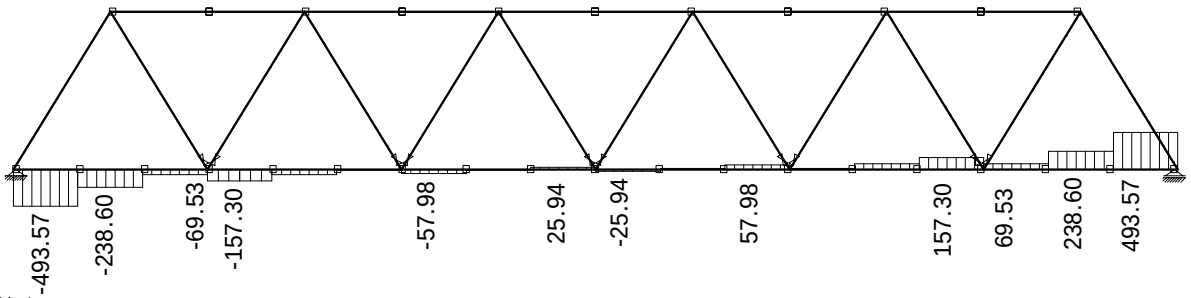
Ram: H_1
Uticaji u gredi: max M2= 225.35 / min M2= -236.91 kNm

Opt. 3: Dodtno stalno



Ram: H_1
Uticaji u gredi: max T3= 79.76 / min T3= -79.76 kN

Opt. 3: Dodtno stalno

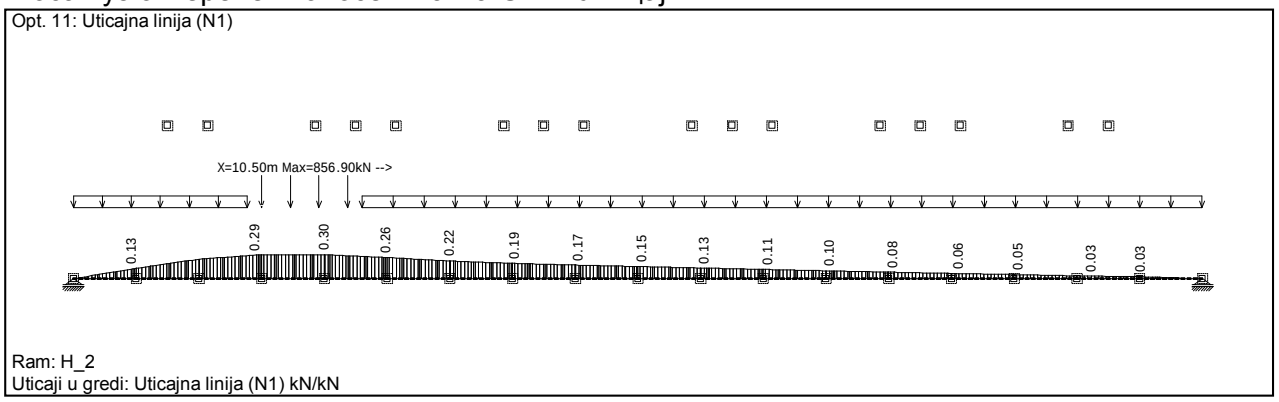


Ram: H_1
Uticaji u gredi: max M1= 493.57 / min M1= -493.57 kNm

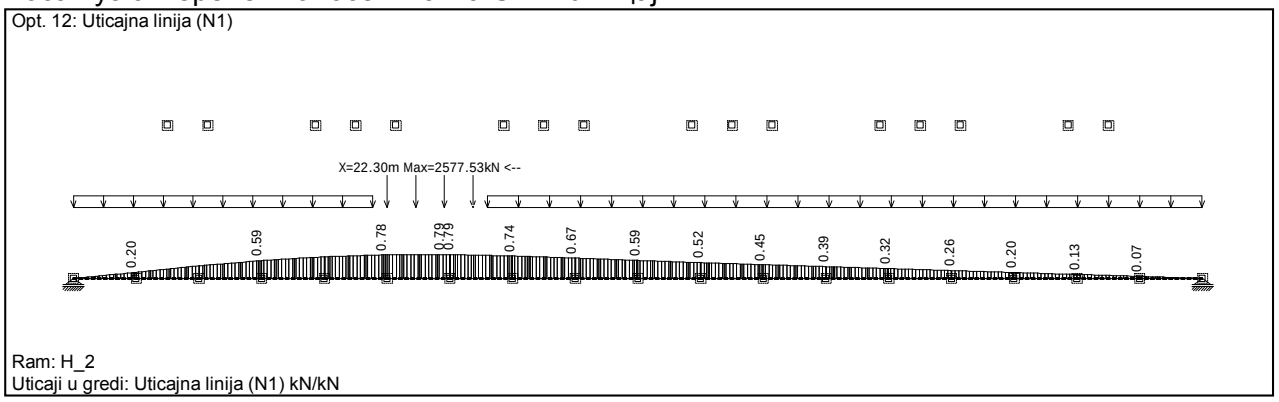
3.1.2 Саобраћајна оптерећења/ Traffic loads

3.1.2.1 Утицајне линије и меродавни положаји возила LM71/ Influence lines and relevant positions of LM71

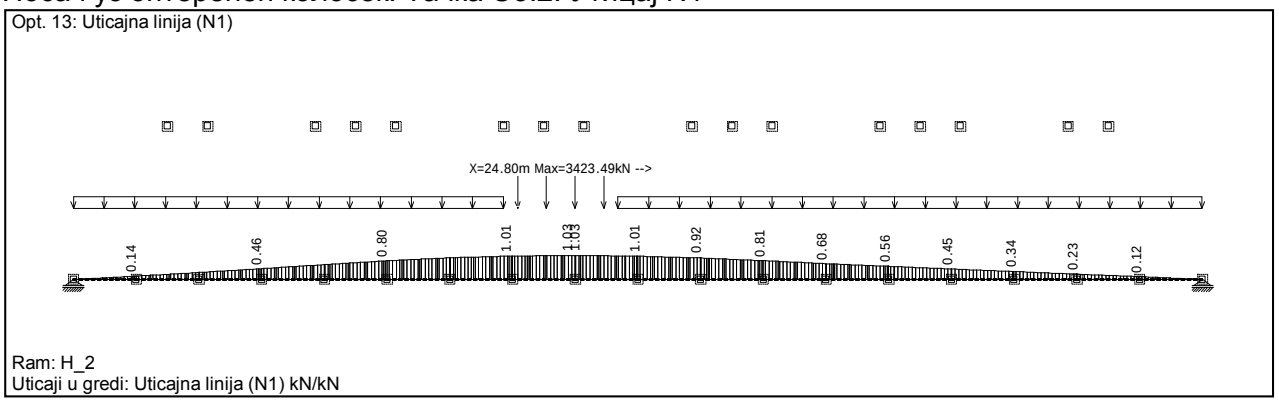
Носач уз оптерећен колосек. Тачка U1.2. Утицај N1



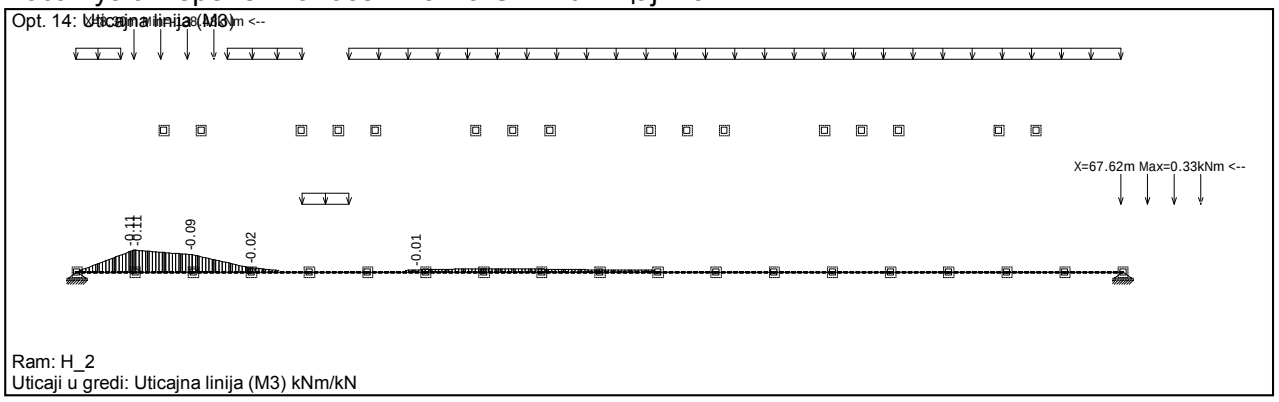
Носач уз оптерећен колосек. Тачка U2.2. Утицај N1



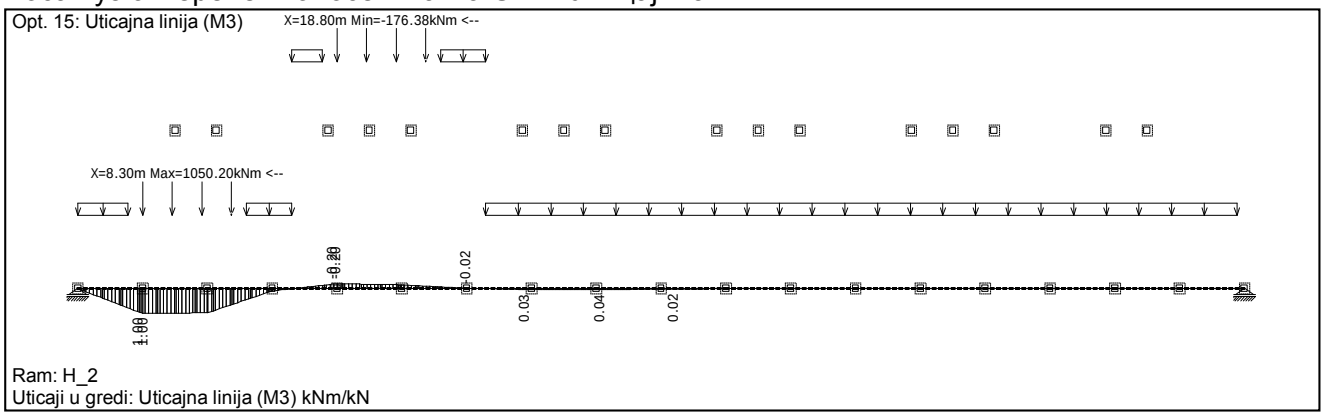
Носач уз оптерећен колосек. Тачка U3.2. Утицај N1



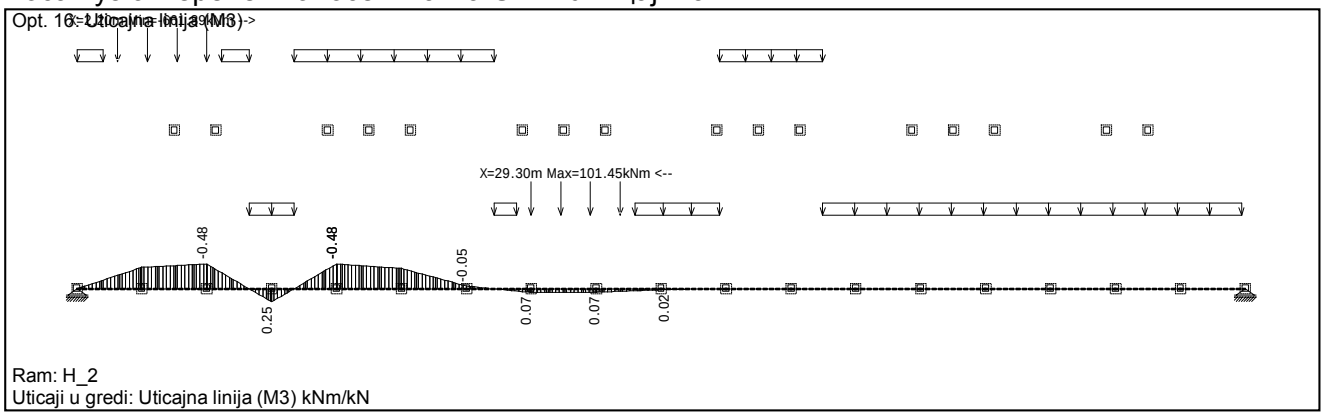
Носач уз оптерећен колосек. Тачка U1.1. Утицај M3



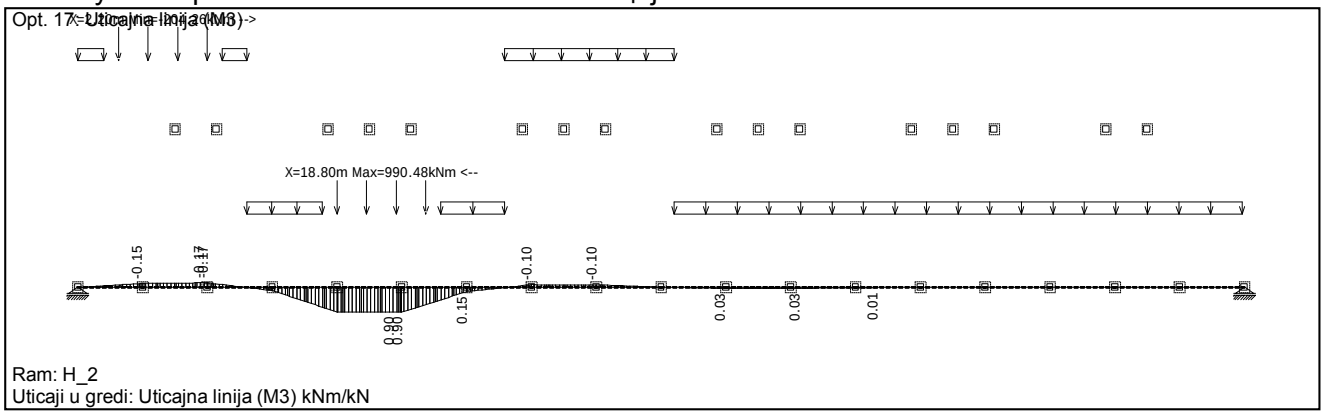
Носач уз оптерећен колосек. Тачка U1.2. Утицај M3



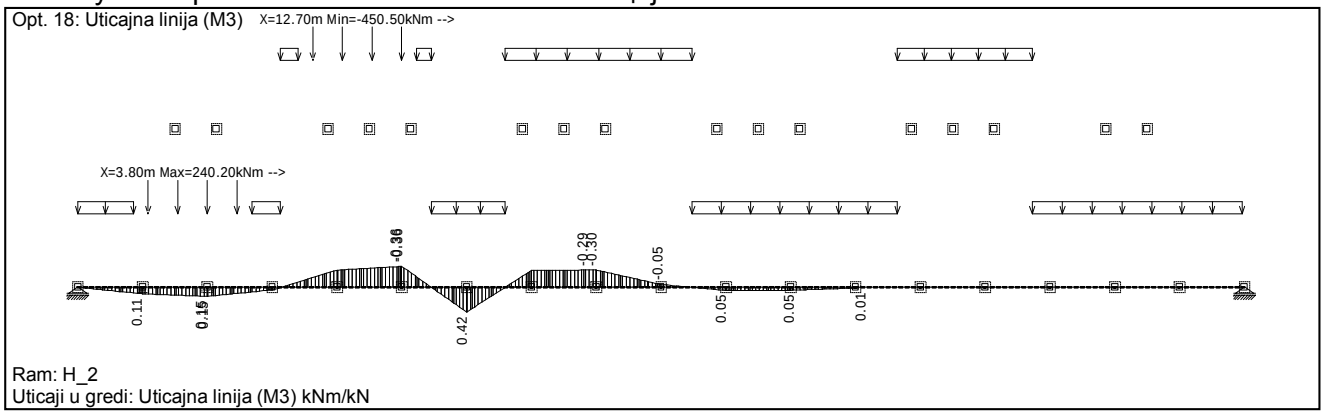
Носач уз оптерећен колосек. Тачка U2.1. Утицај M3



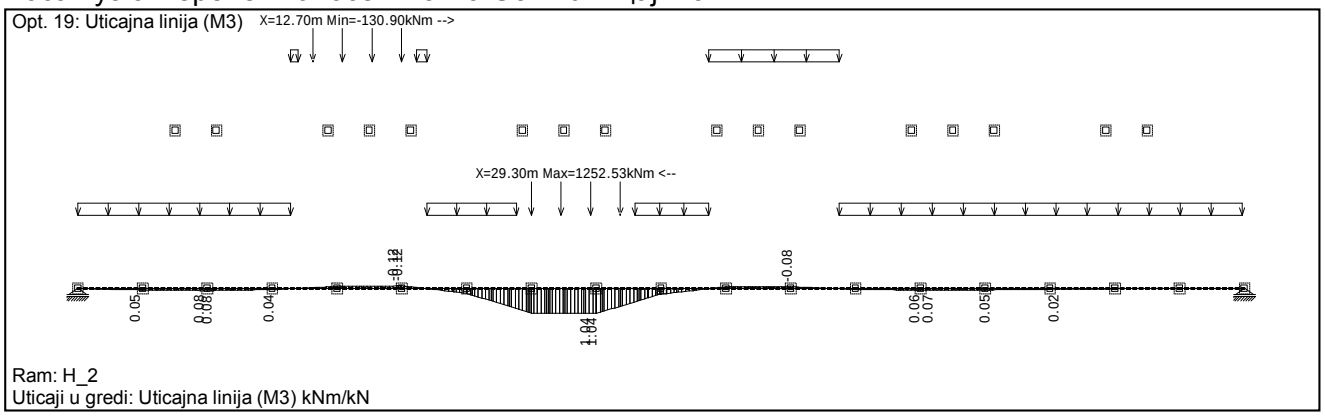
Носач уз оптерећен колосек. Тачка U2.2. Утицај M3



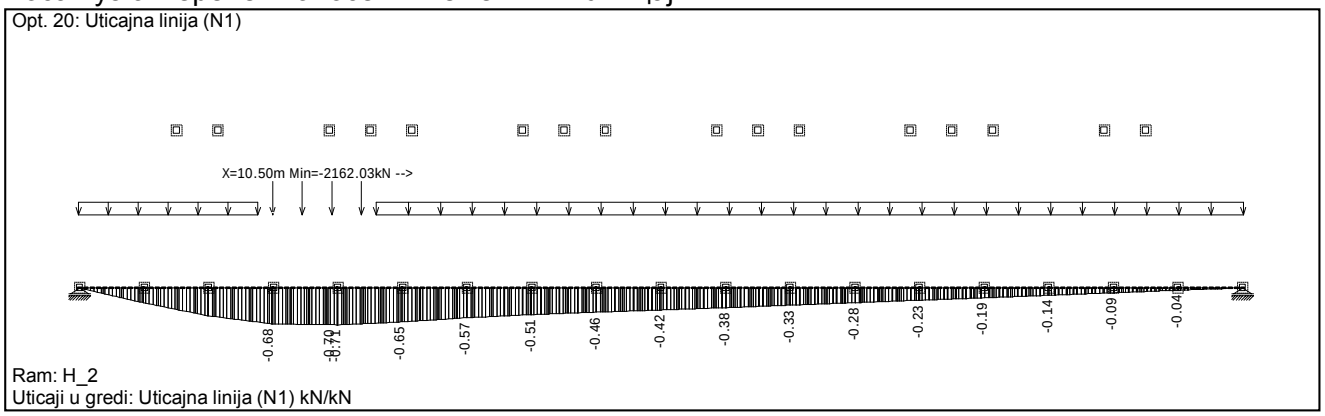
Носач уз оптерећен колосек. Тачка U3.1. Утицај M3



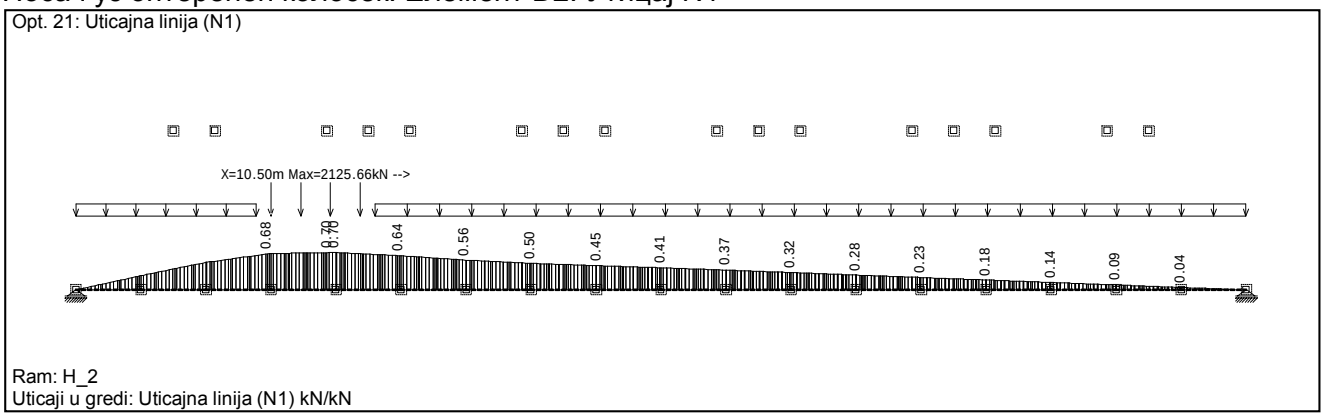
Носач уз оптерећен колосек. Тачка U3.2. Утицај M3



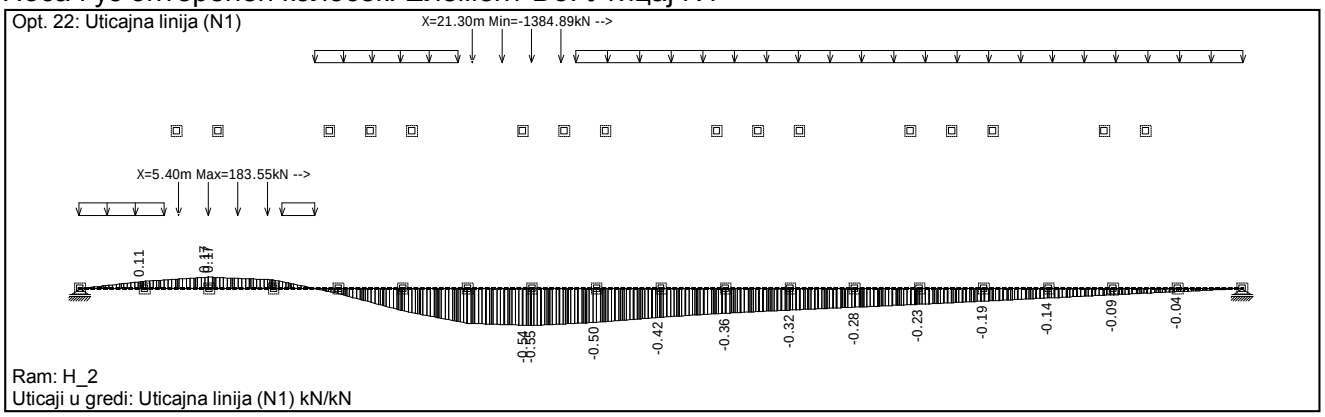
Носач уз оптерећен колосек. Елемент D1. Утицај N1



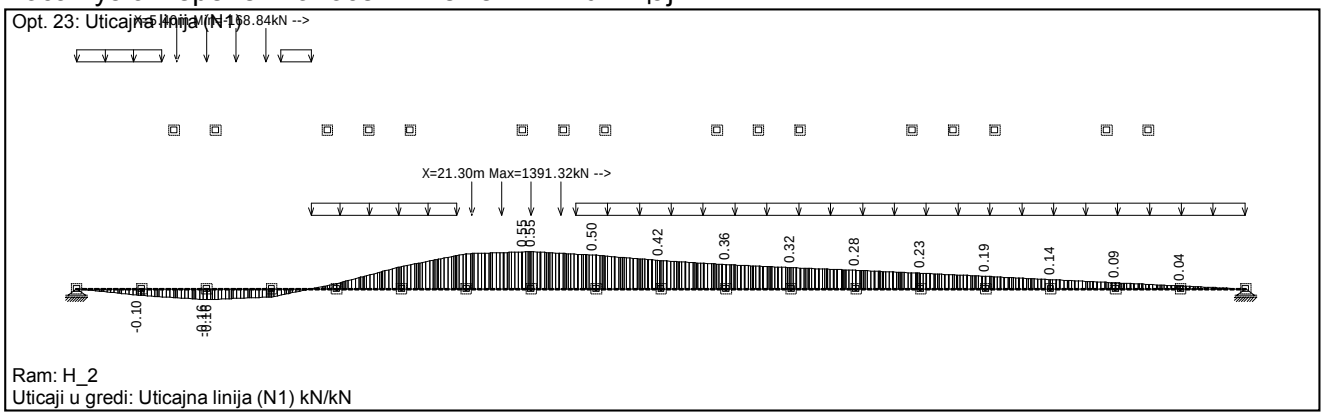
Носач уз оптерећен колосек. Елемент D2. Утицај N1



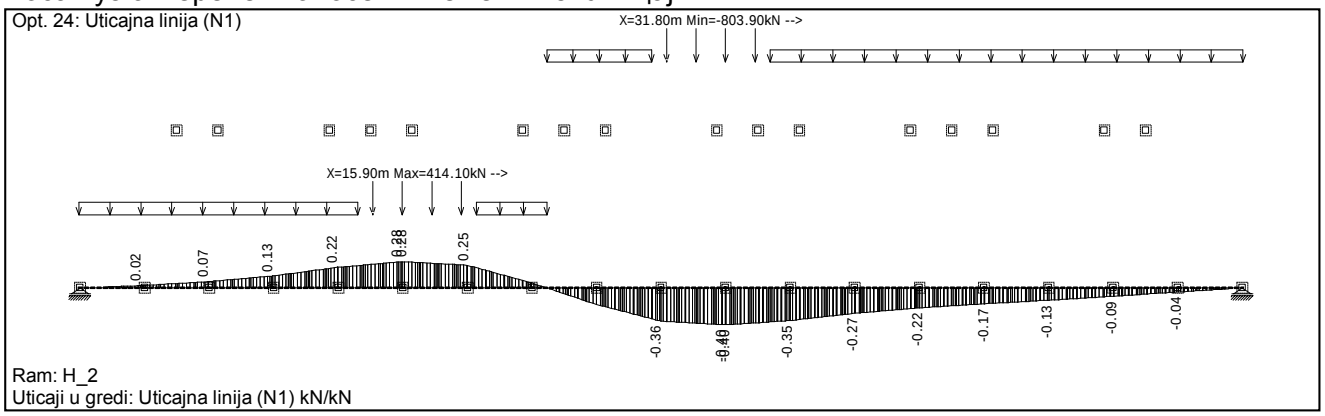
Носач уз оптерећен колосек. Елемент D3. Утицај N1



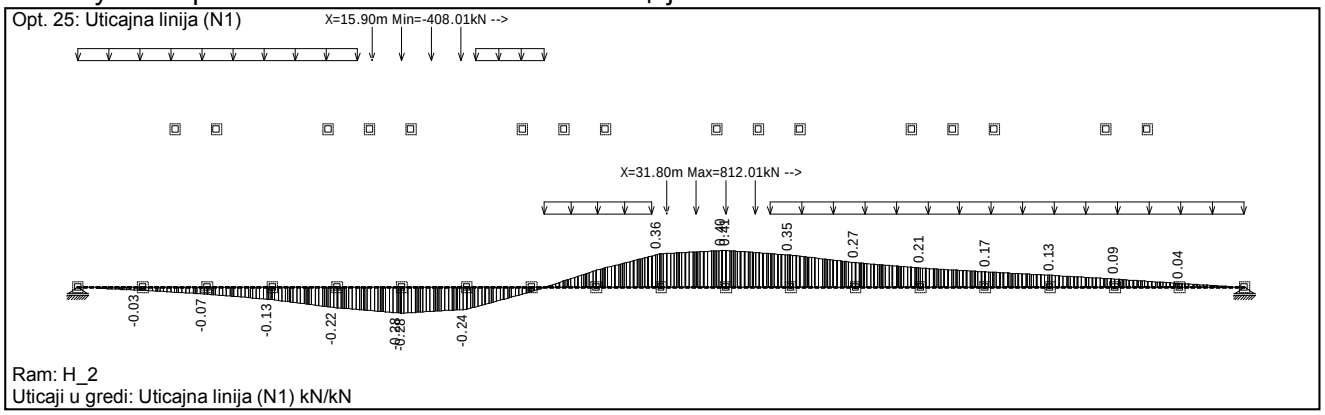
Носач уз оптерећен колосек. Елемент D4. Утицај N1



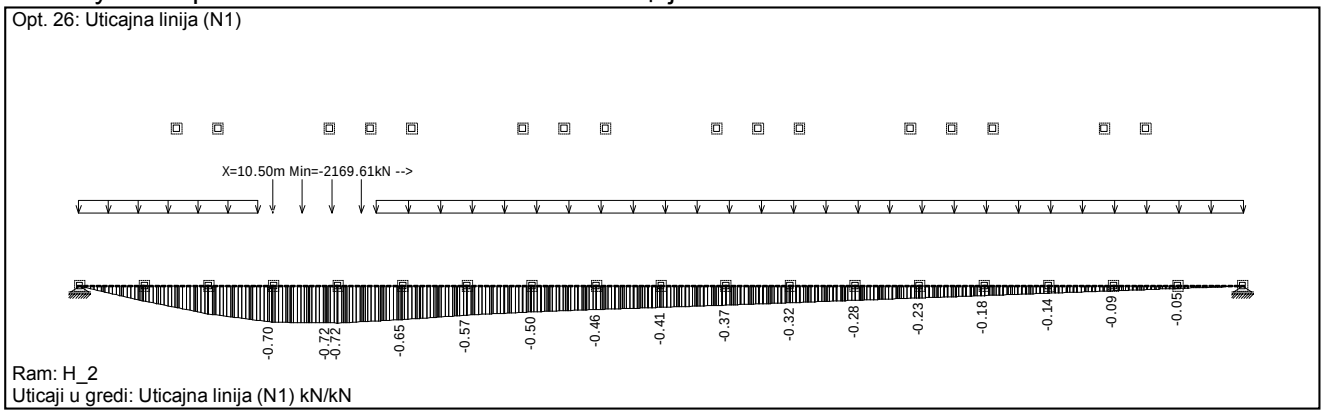
Носач уз оптерећен колосек. Елемент D5. Утицај N1



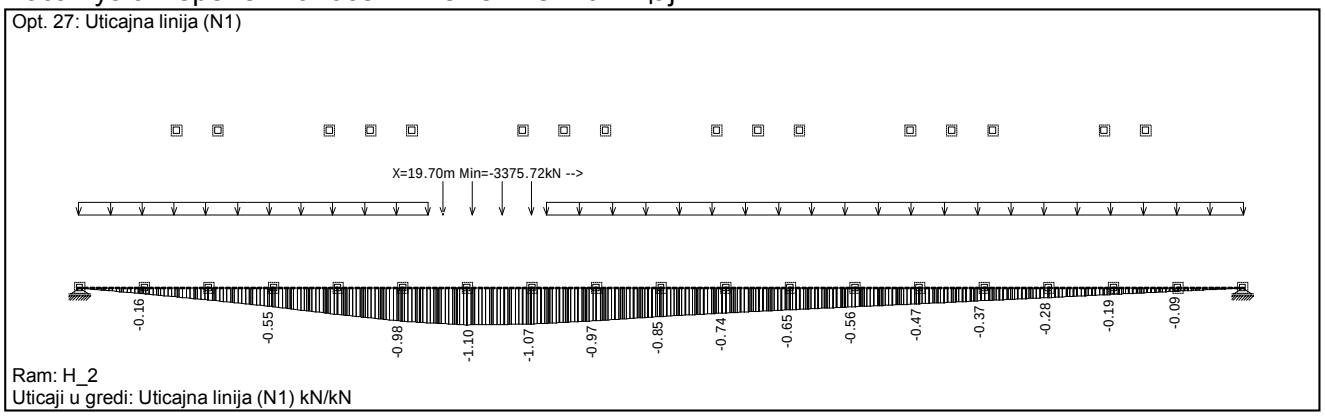
Носач уз оптерећен колосек. Елемент D6. Утицај N1



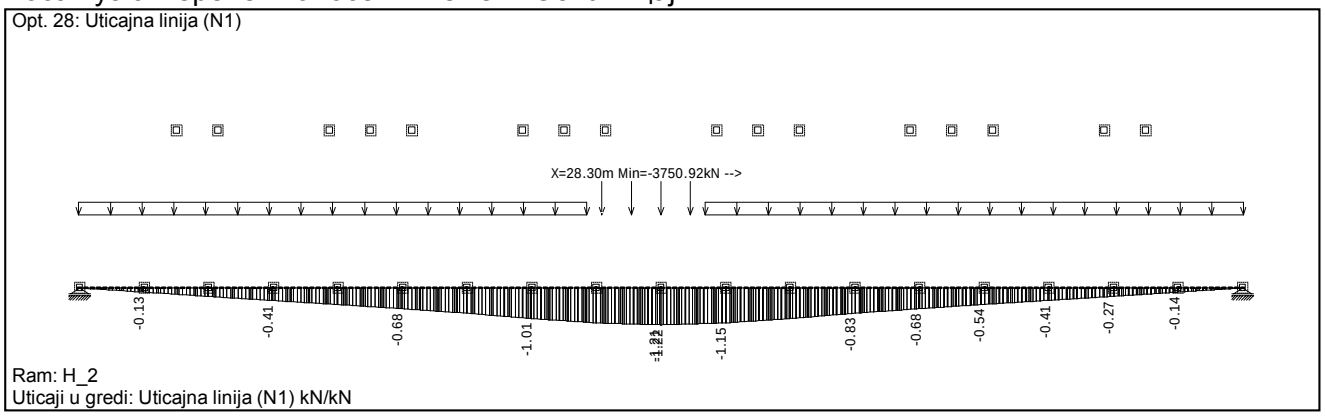
Носач уз оптерећен колосек. Елемент O1. Утицај N1



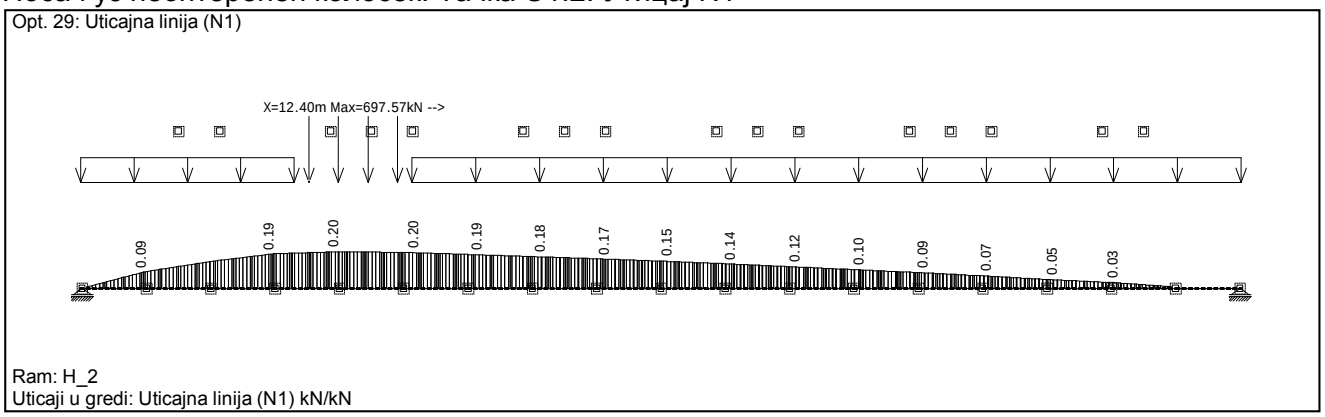
Носач уз оптерећен колосек. Елемент O2. Утицај N1



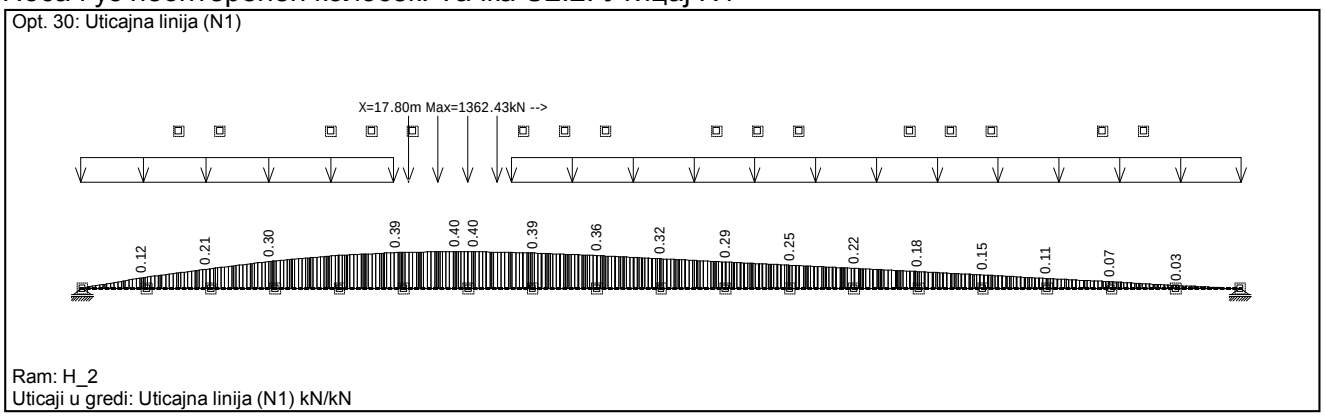
Носач уз оптерећен колосек. Елемент O3. Утицај N1



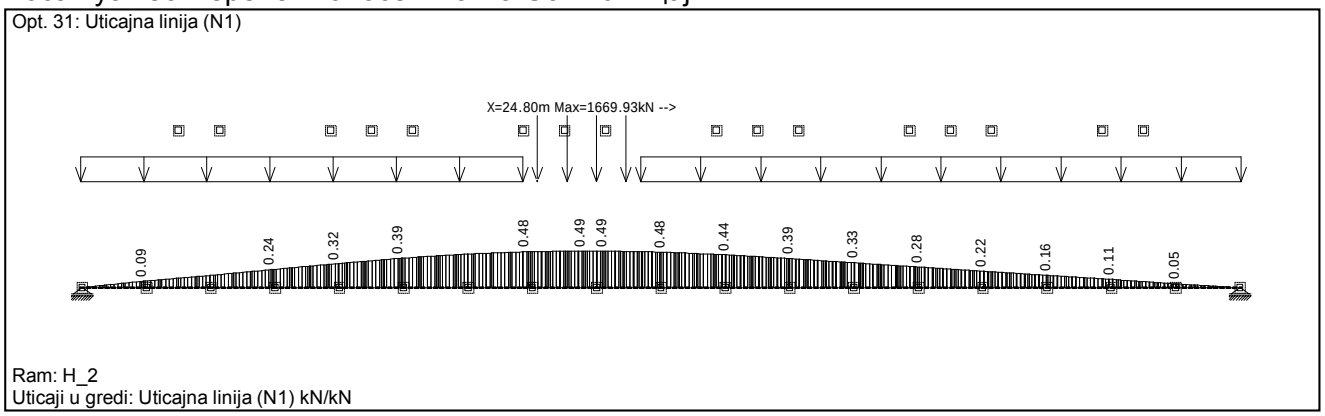
Носач уз неоптерећен колосек. Тачка U1.2. Утицај N1



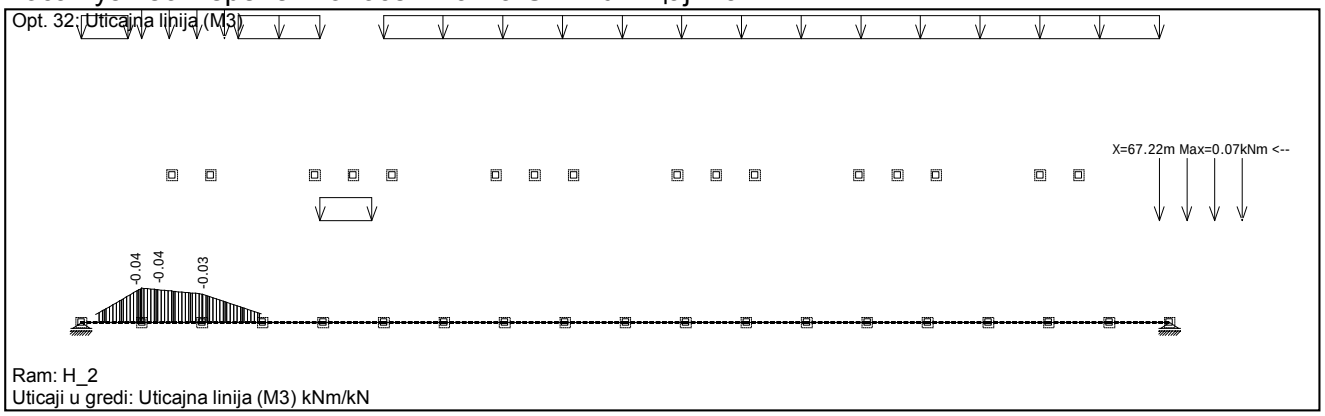
Носач уз неоптерећен колосек. Тачка U2.2. Утицај N1



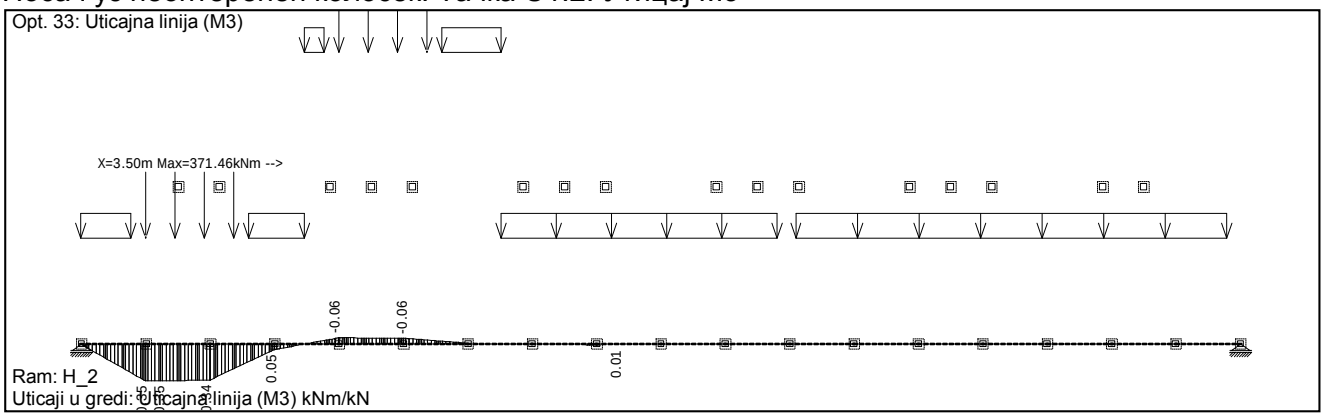
Носач уз неоптерећен колосек. Тачка U3.2. Утицај N1



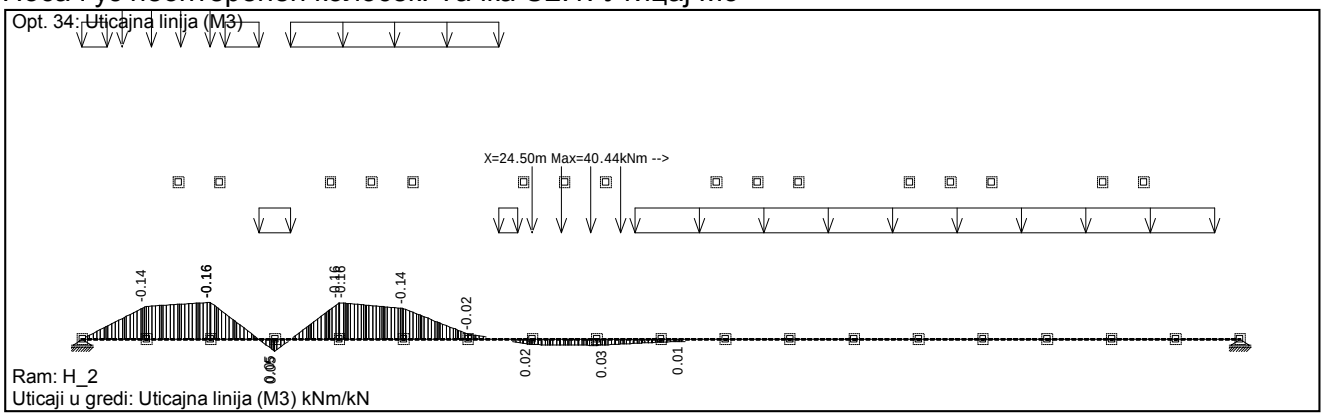
Носач уз неоптерећен колосек. Тачка U1.1. Утицај M3



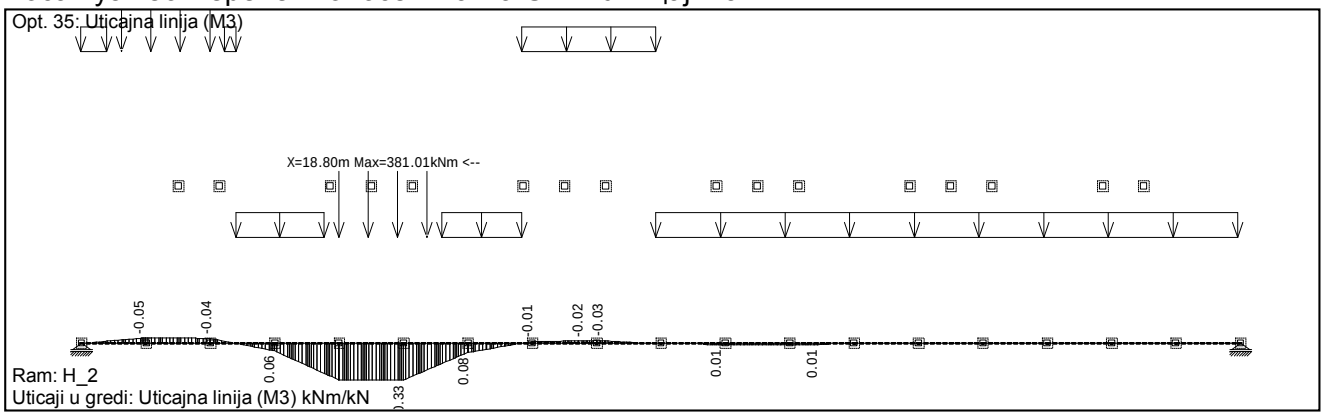
Носач уз неоптерећен колосек. Тачка U1.2. Утицај M3



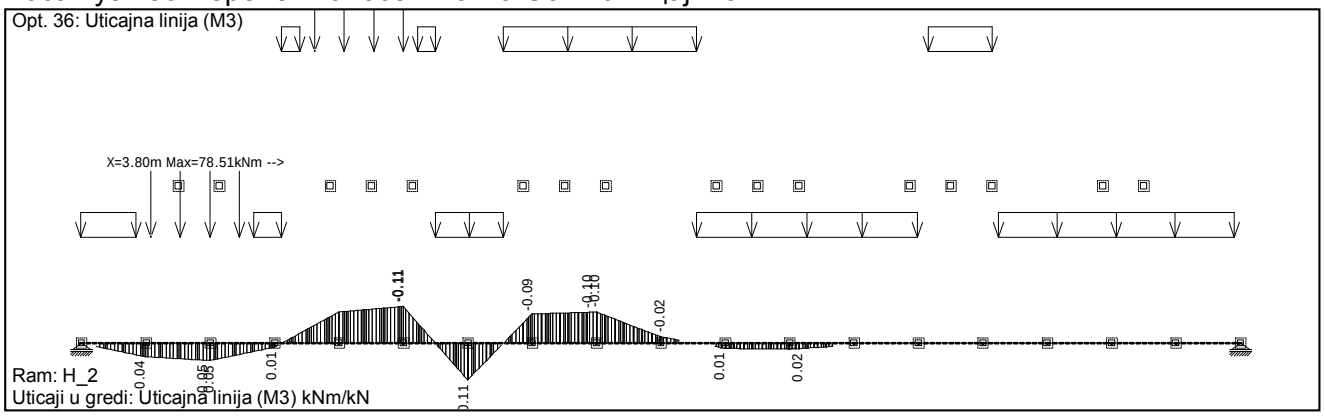
Носач уз неоптерећен колосек. Тачка U2.1. Утицај M3



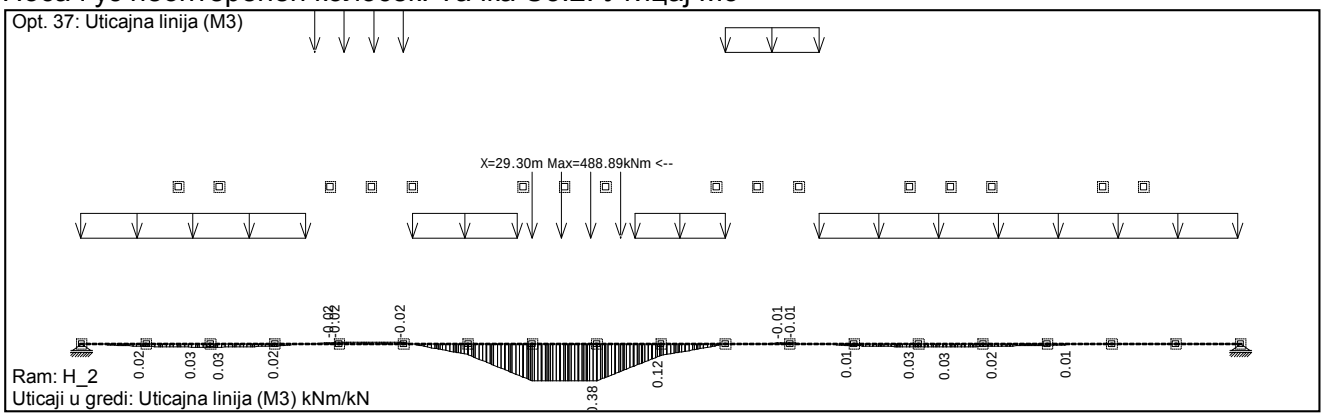
Носач уз неоптерећен колосек. Тачка U2.2. Утицај M3



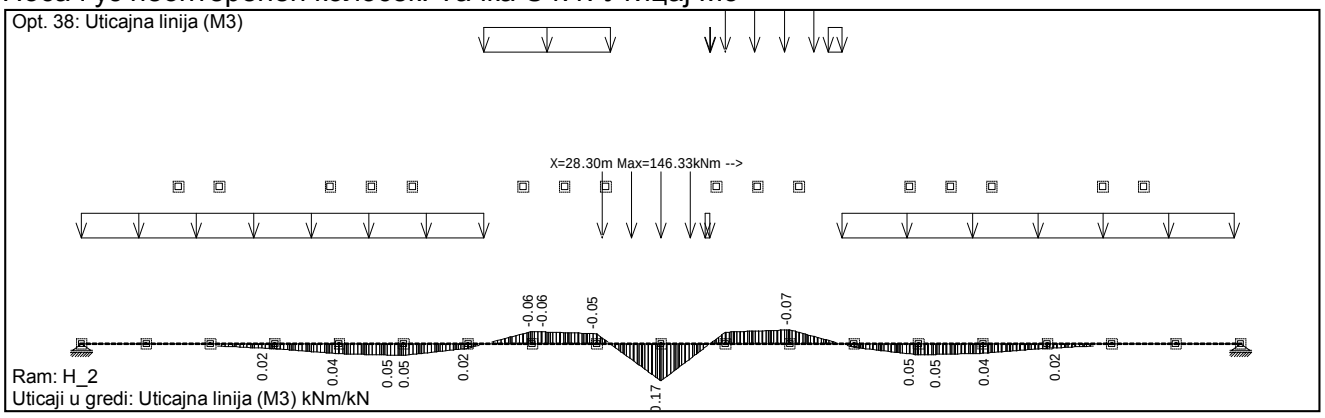
Носач уз неоптерећен колосек. Тачка U3.1. Утицај M3



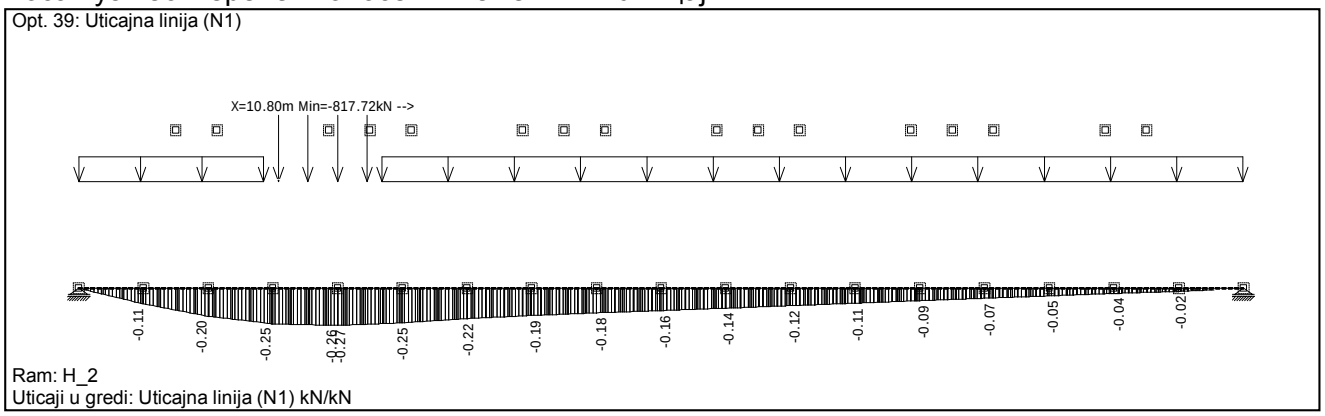
Носач уз неоптерећен колосек. Тачка U3.2. Утицај M3



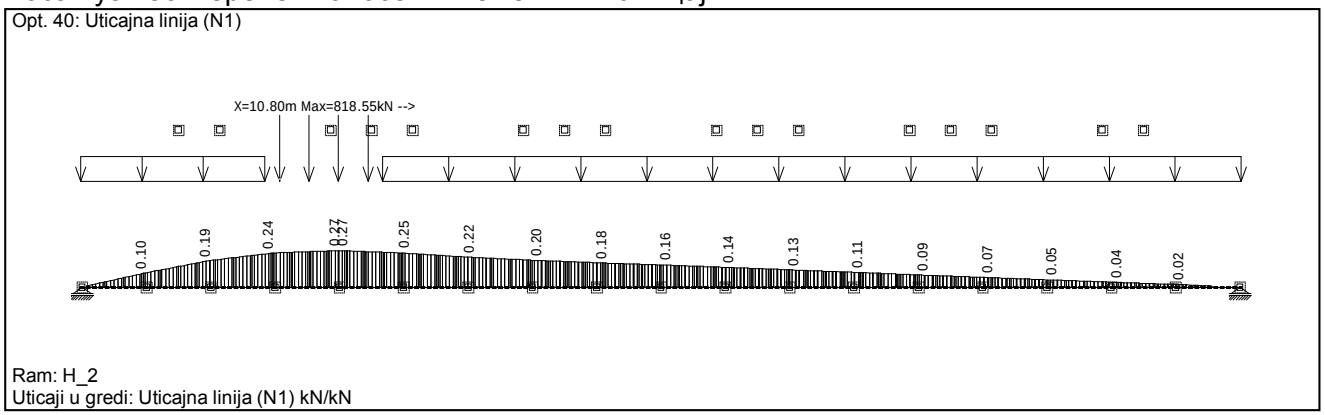
Носач уз неоптерећен колосек. Тачка U4.1. Утицај M3



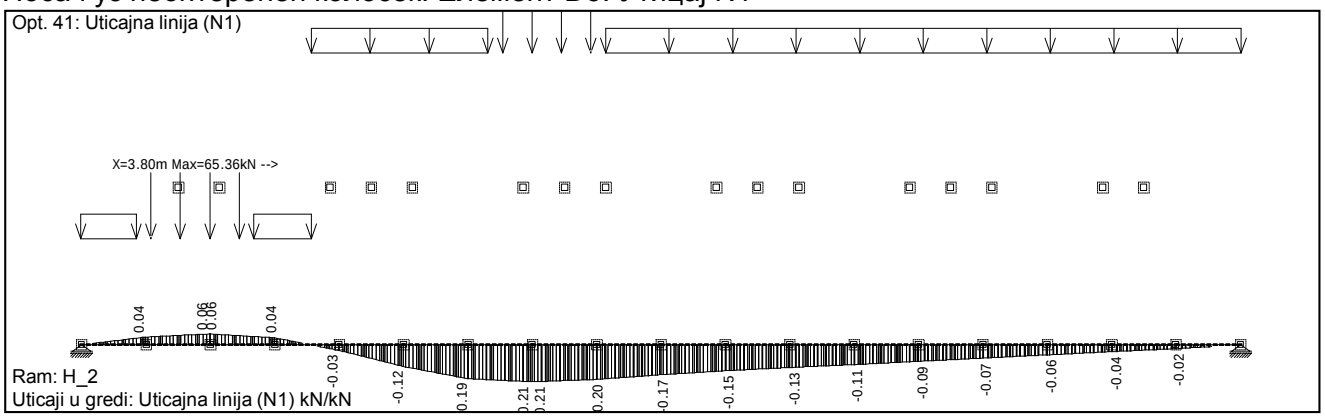
Носач уз неоптерећен колосек. Елемент D1. Утицај N1



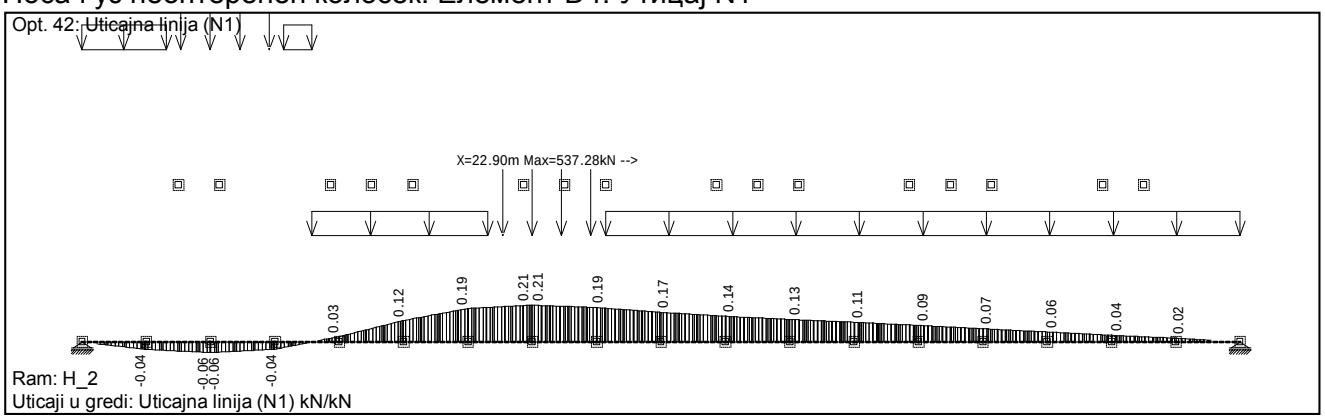
Носач уз неоптерећен колосек. Елемент D2. Утицај N1



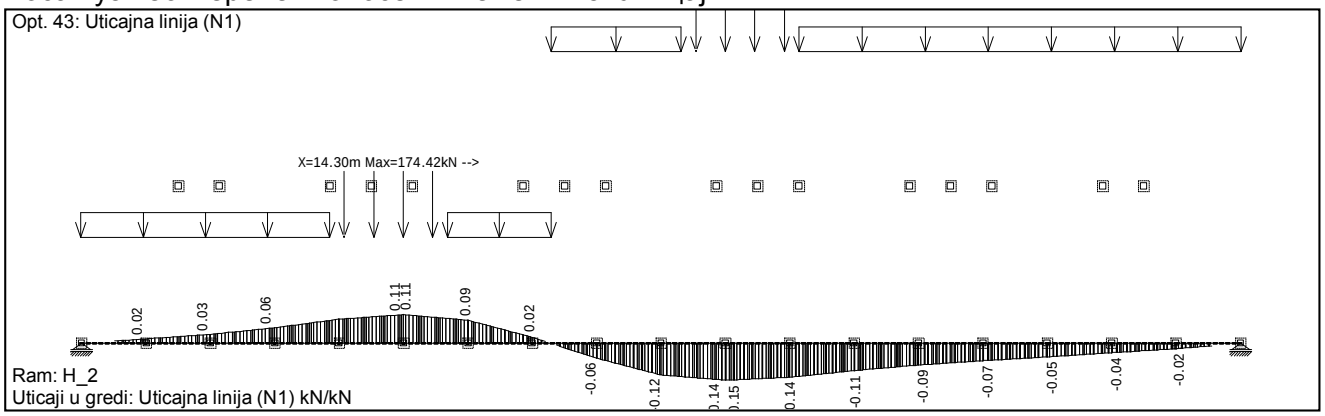
Носач уз неоптерећен колосек. Елемент D3. Утицај N1



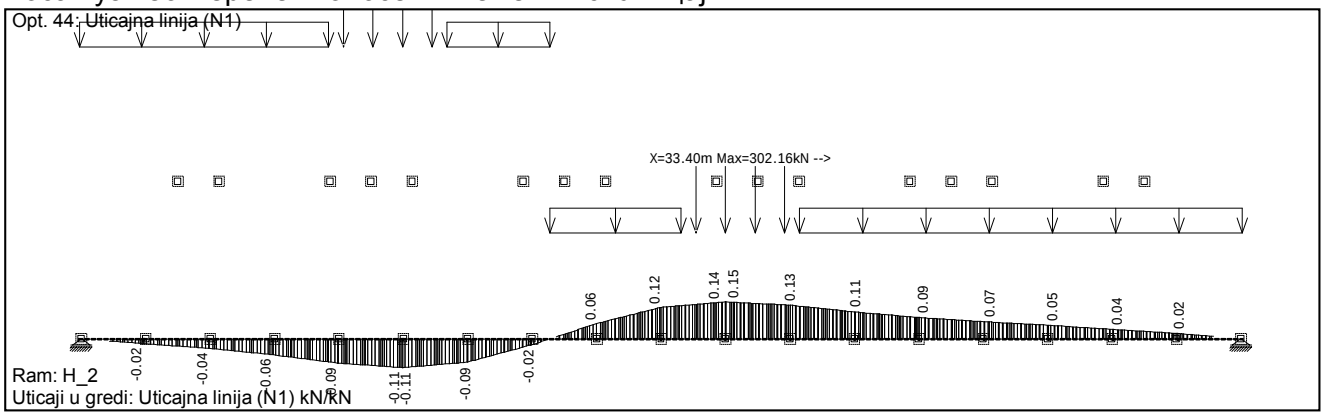
Носач уз неоптерећен колосек. Елемент D4. Утицај N1



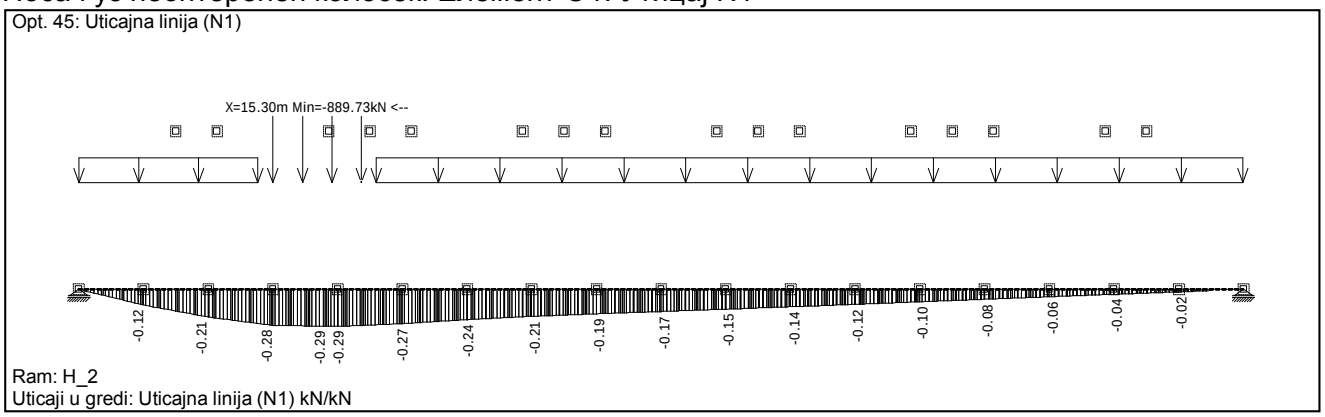
Носач уз неоптерећен колосек. Елемент D5. Утицај N1



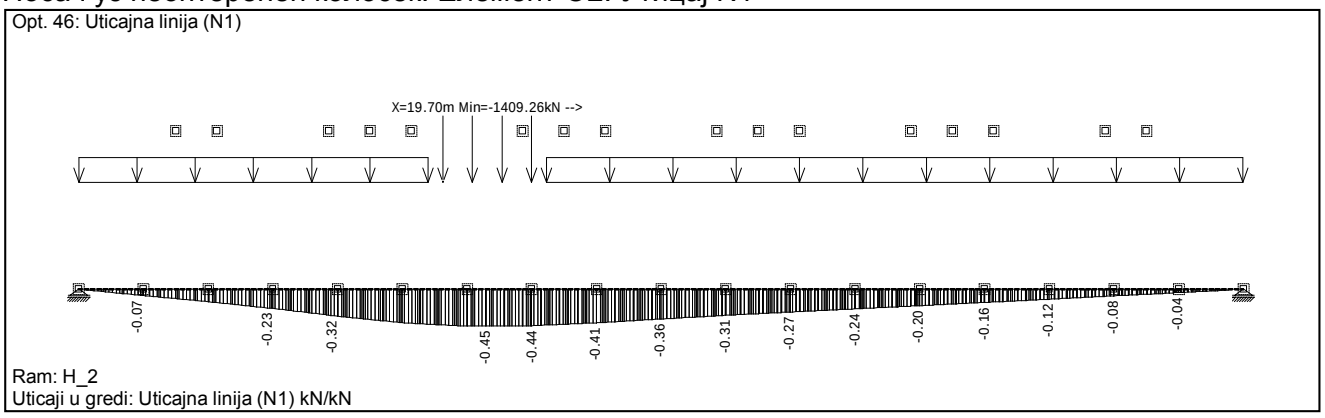
Носач уз неоптерећен колосек. Елемент D6. Утицај N1



Носач уз неоптерећен колосек. Елемент O1. Утицај N1

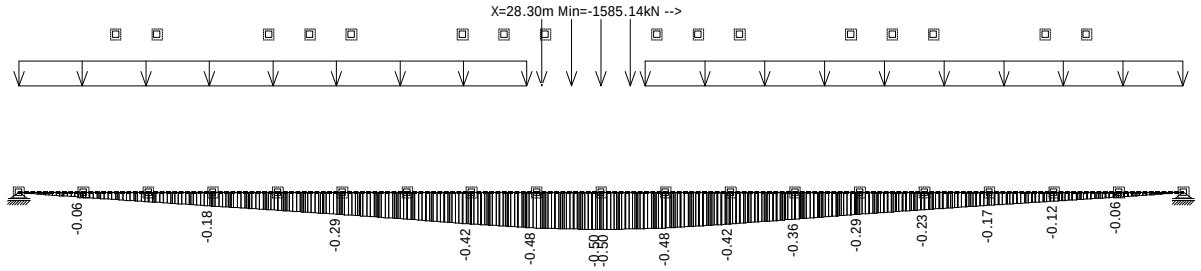


Носач уз неоптерећен колосек. Елемент O2. Утицај N1



Носач уз неоптерећен колосек. Елемент O3. Утицај N1

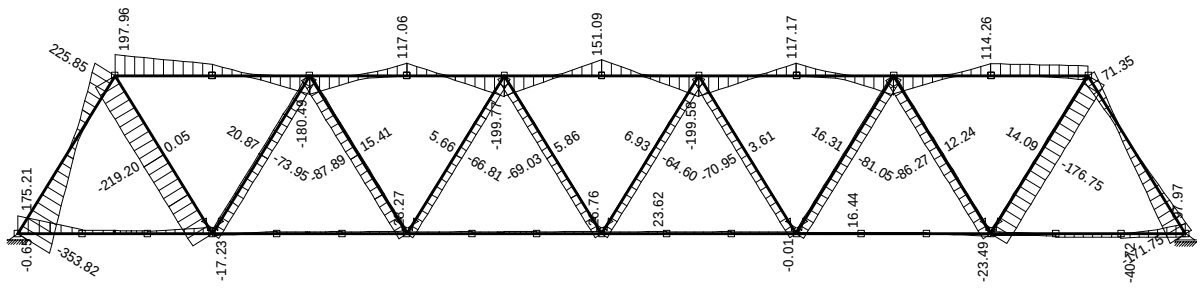
Opt. 47: Uticajna linija (N1)



Ram: H_2
Uticaji u gredi: Uticajna linija (N1) kN/kN

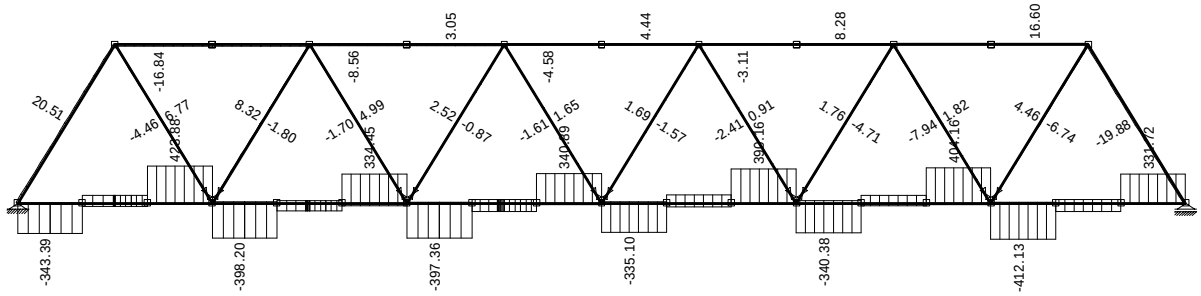
Анвелопе осталих утицаја од LM71 – Носач уз оптерећени колосек

Opt. 4: Pokretno LM71



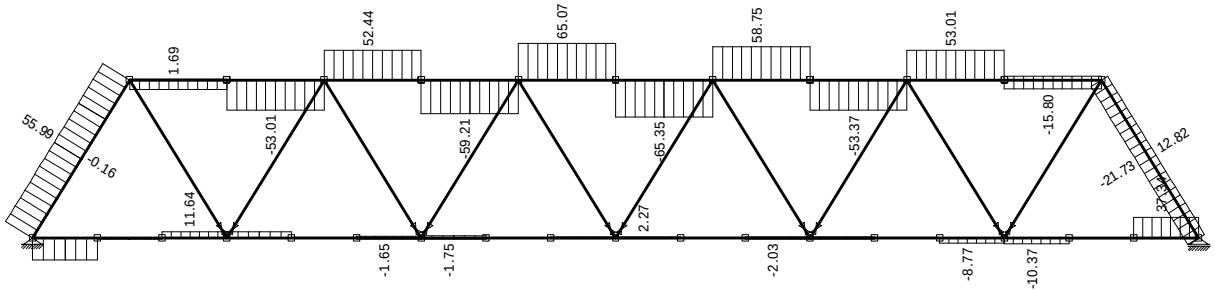
Ram: H_1
Uticaji u gredi: max M2= 225.85 / min M2= -353.82 kNm

Opt. 4: Pokretno LM71



Ram: H_1
Uticaji u gredi: max T2= 423.88 / min T2= -412.13 kN

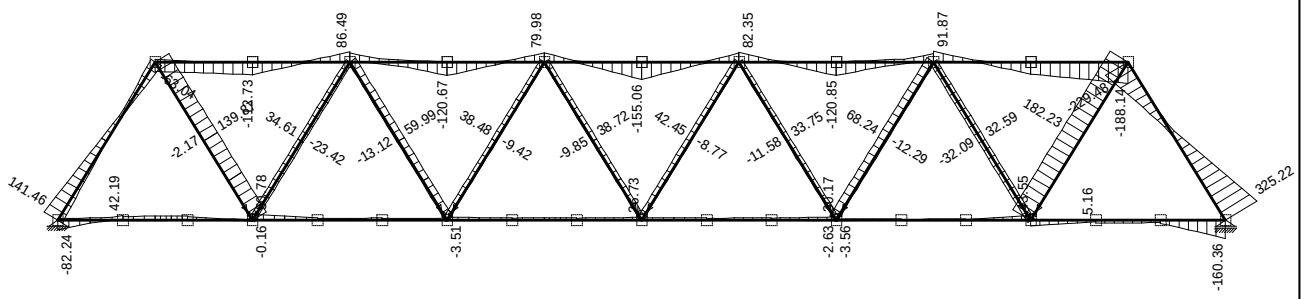
Opt. 4: Pokretno LM71



Ram: H_1
Uticaji u gredi: max T3= 65.07 / min T3= -65.35 kN

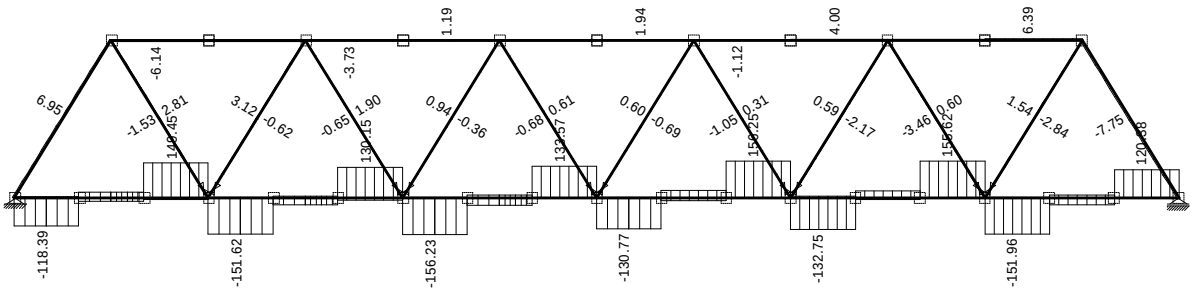
Анвелопе осталих утицаја од LM71 – Носач уз неоптерећени колосек

Opt. 4: Pokretno LM71



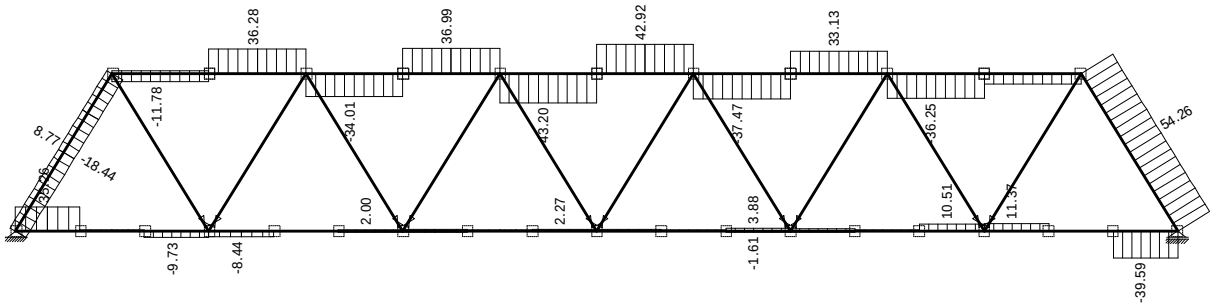
Ram: H_4
Uticaji u gredi: max M2= 325.22 / min M2= -229.48 kNm

Opt. 4: Pokretno LM71



Ram: H_4
Uticaji u gredi: max T2= 156.25 / min T2= -156.23 kN

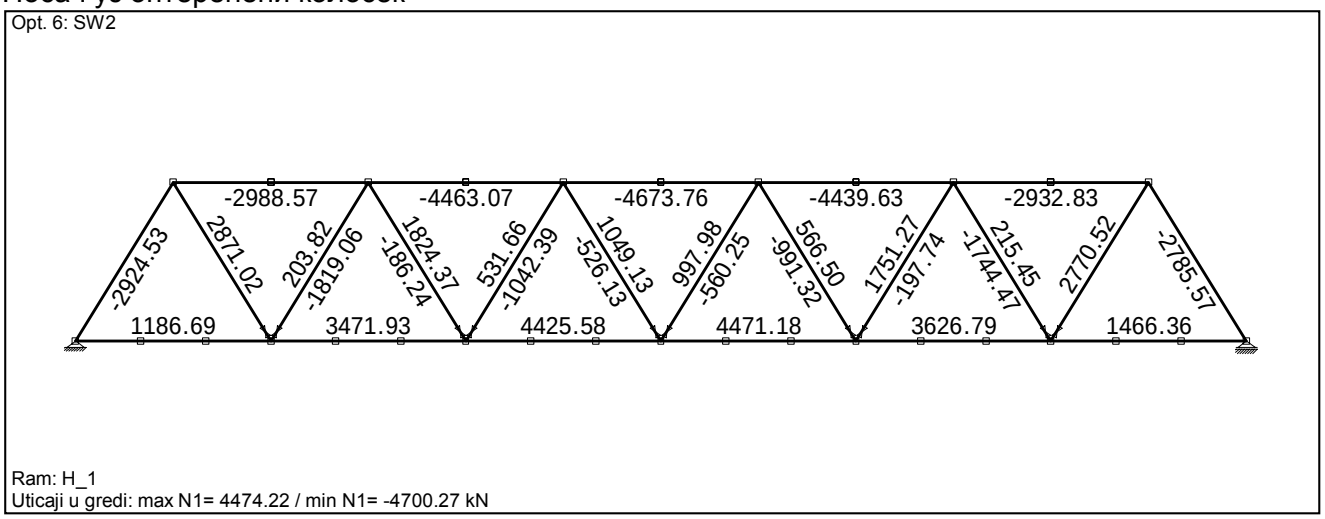
Opt. 4: Pokretno LM71

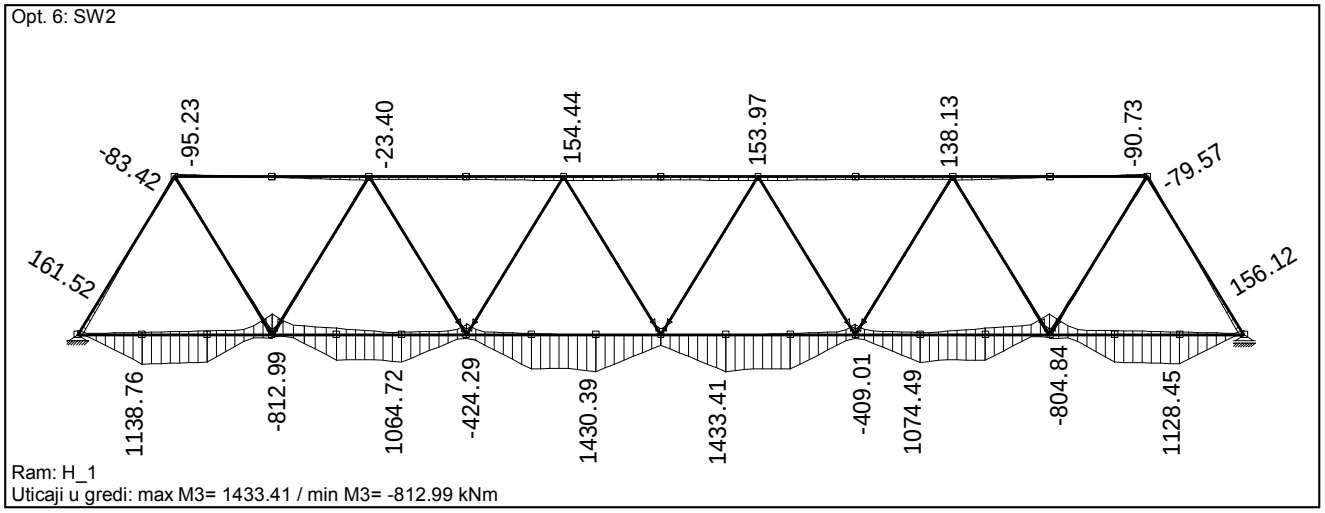


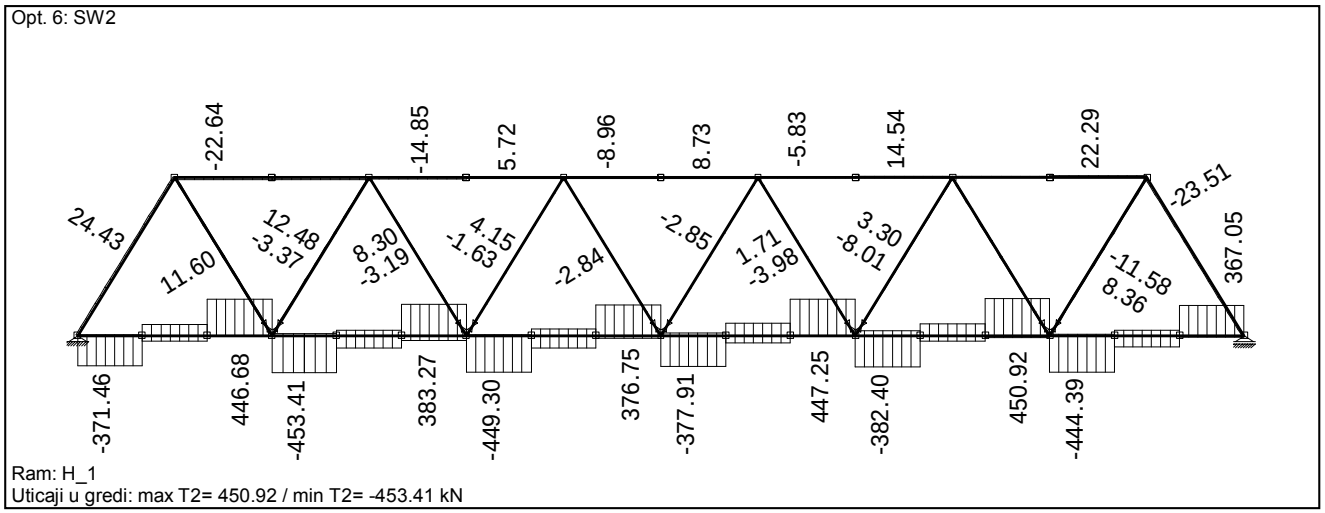
Ram: H_4
Uticaji u gredi: max T3= 54.26 / min T3= -43.20 kN

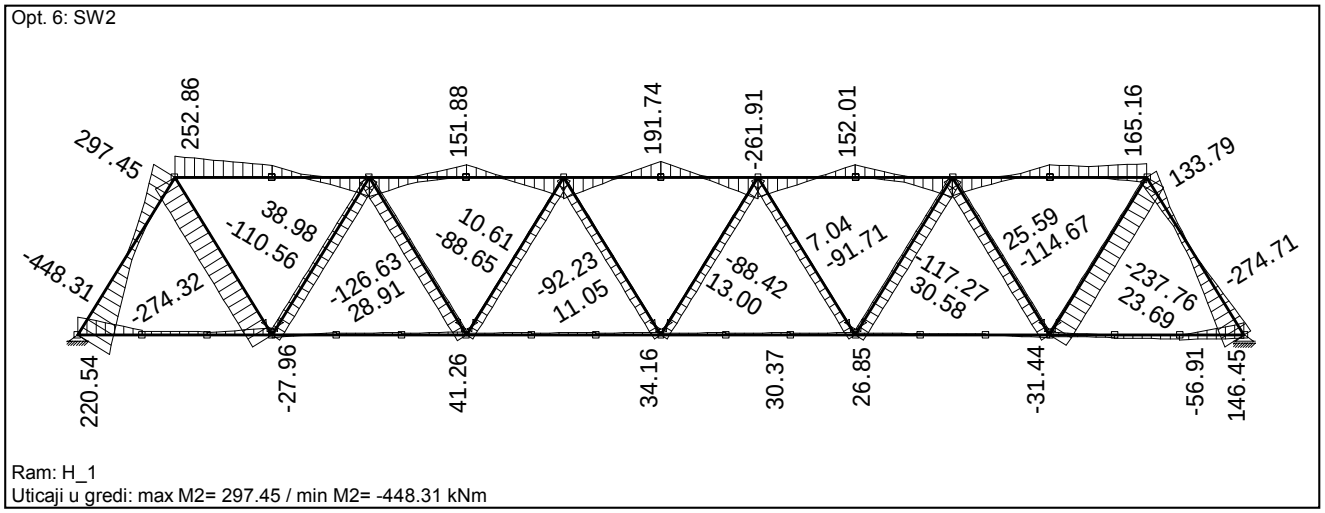
3.1.2.2 Анвелопе утицаја од возила SW2

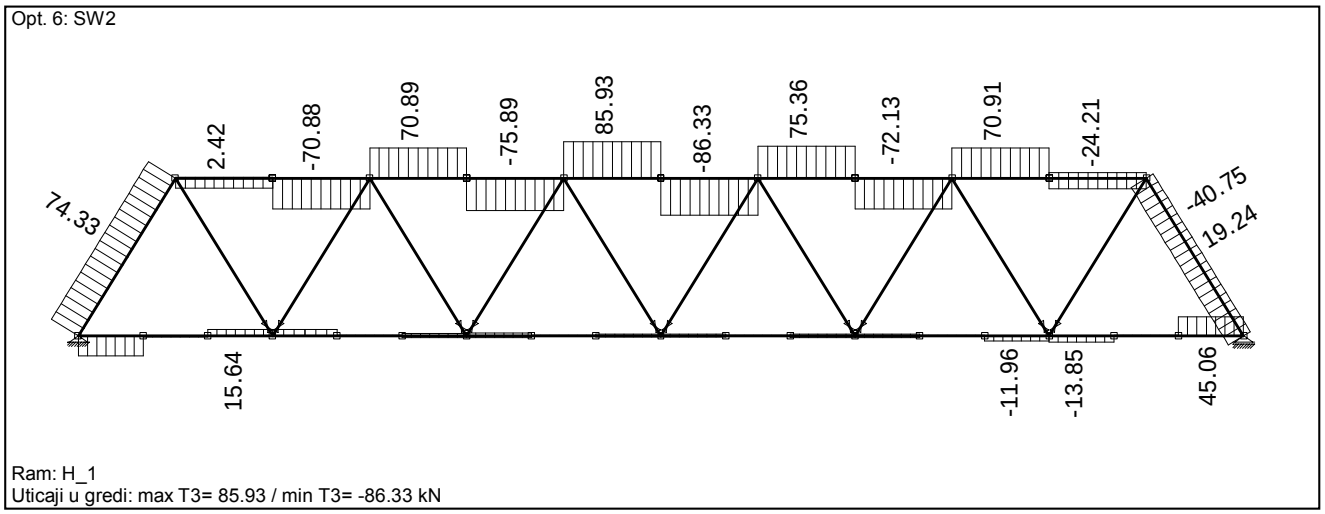
Носач уз оптерећени колосек

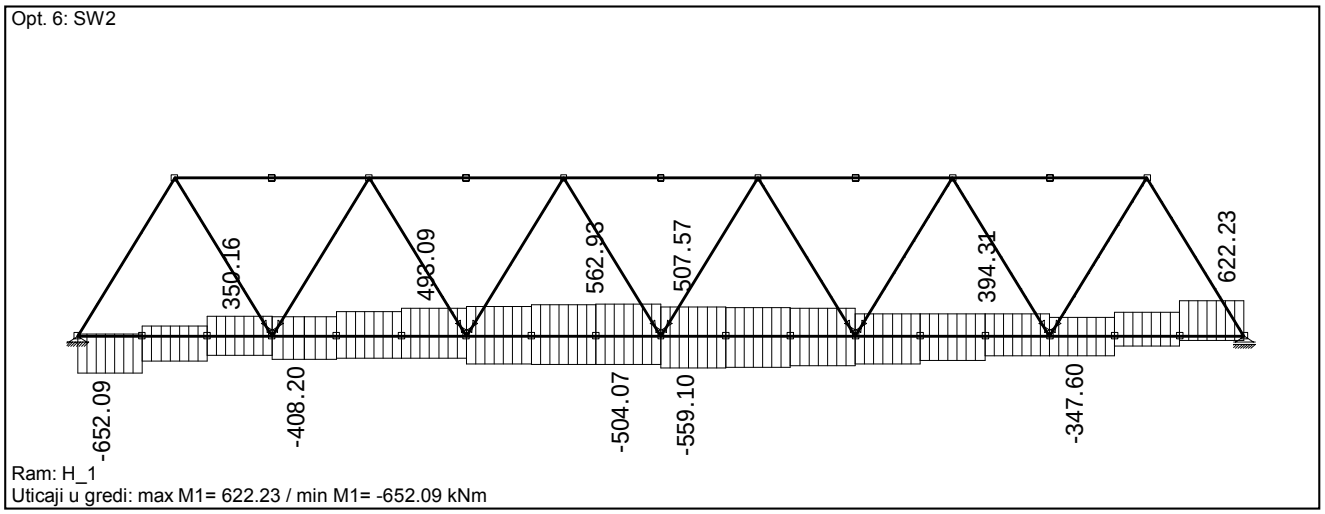




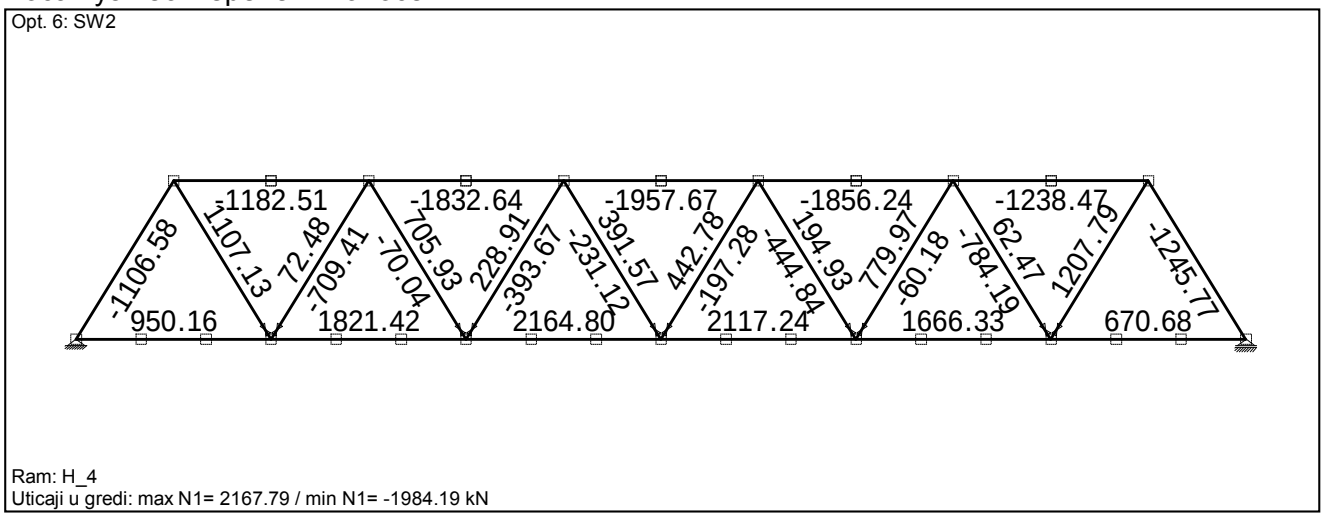


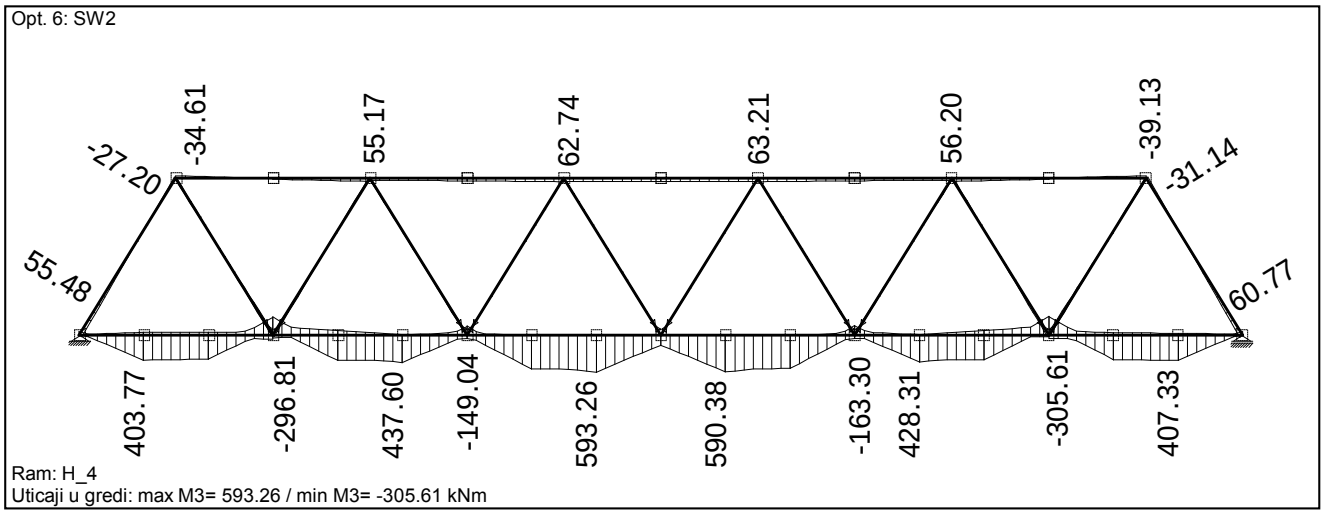

Opt. 6: SW2
297.45
252.86
151.88
191.74
-261.91
152.01
165.16
133.79
-448.31
-274.32
38.98
-110.56
-126.63
28.91
10.61
-88.65
-92.23
11.05
-88.42
13.00
7.04
-91.71
-117.27
30.58
25.59
-114.67
-237.76
23.69
-274.71
220.54
-27.96
41.26
34.16
30.37
26.85
-31.44
-56.91
146.45
Ram: H_1
Uticaji u gredi: max M2= 297.45 / min M2= -448.31 kNm

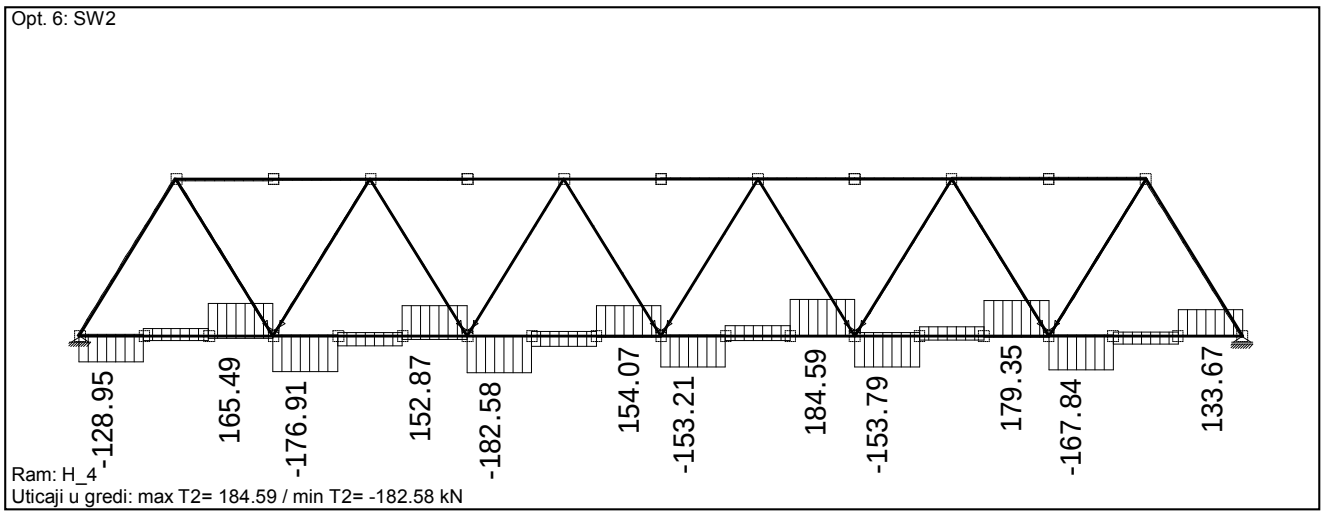

Opt. 6: SW2
74.33
2.42
-70.88
70.89
-75.89
85.93
-86.33
75.36
-72.13
70.91
-24.21
-40.75
19.24
15.64
-11.96
-13.85
45.06
Ram: H_1
Uticaji u gredi: max T3= 85.93 / min T3= -86.33 kN

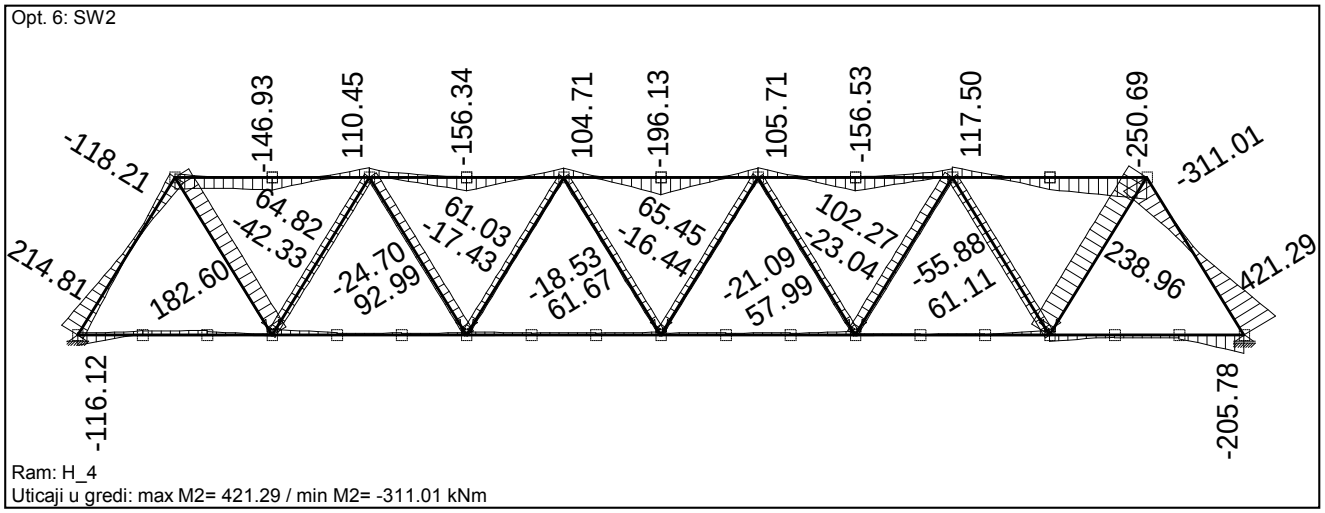

Opt. 6: SW2
350.16
493.09
562.93
507.57
394.31
622.23
-652.09
-408.20
-504.07
-559.10
-347.60
Ram: H_1
Uticaji u gredi: max M1= 622.23 / min M1= -652.09 kNm

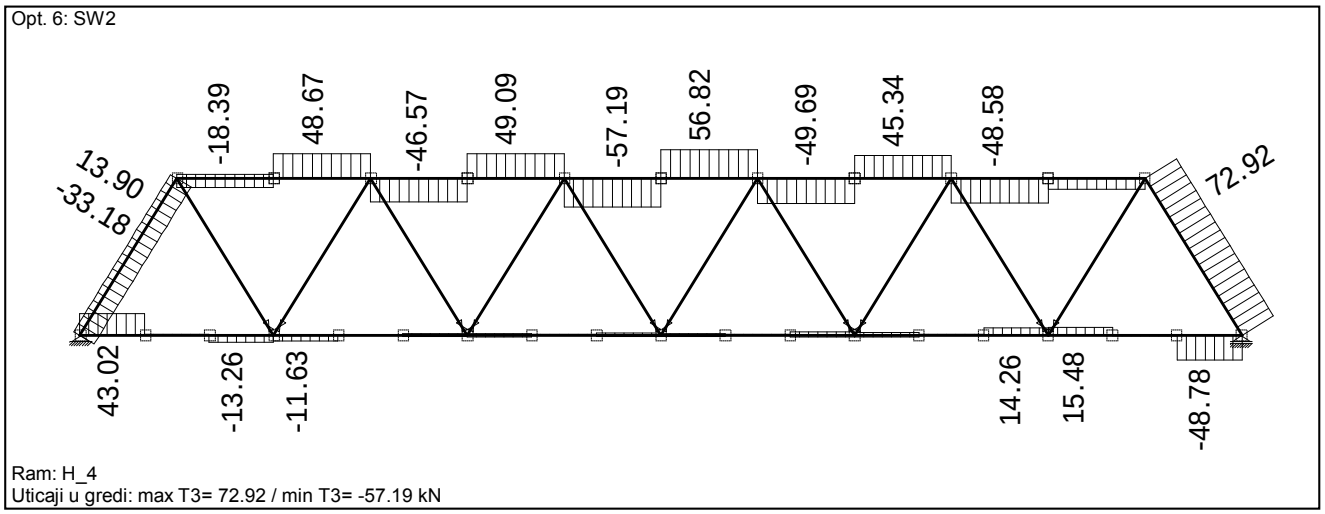
Носач уз неоптерећени колосек

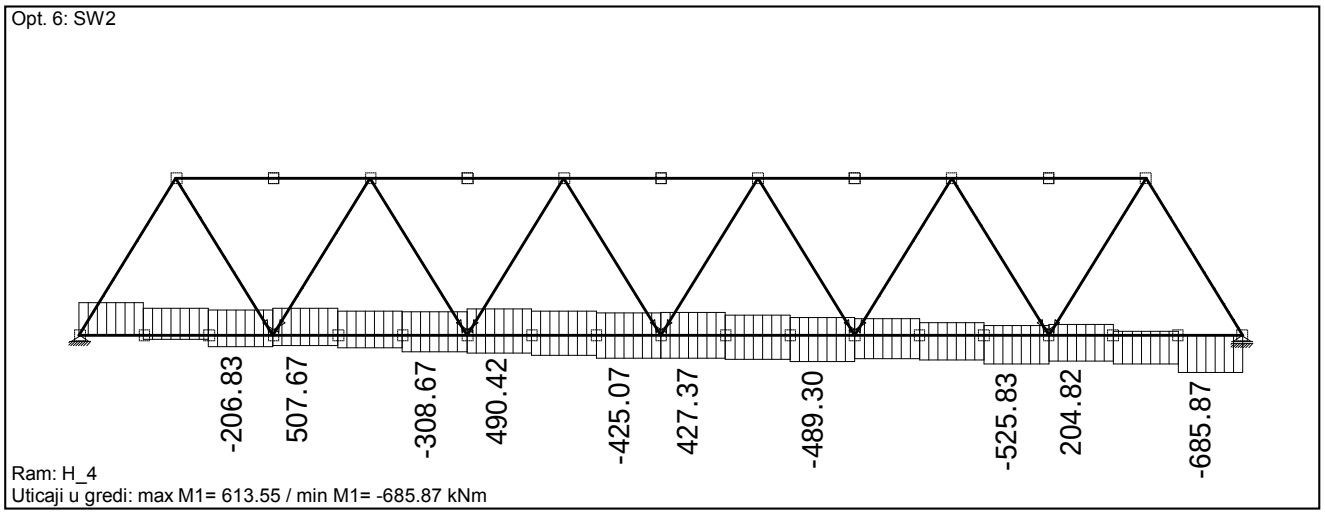




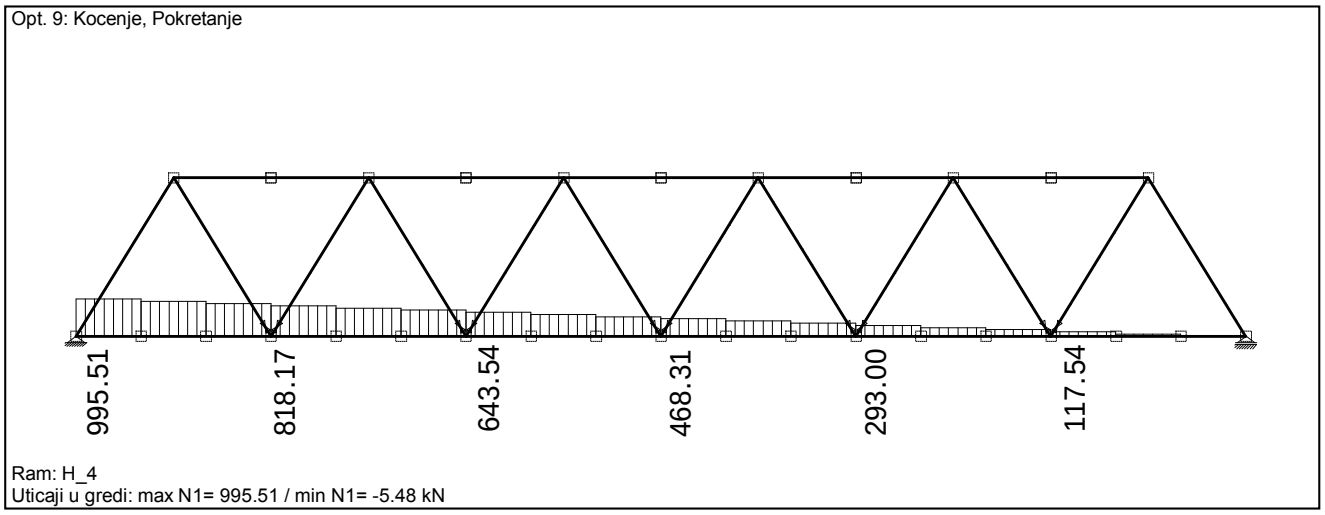



Opt. 6: SW2
-118.21
-146.93
110.45
-156.34
104.71
-196.13
105.71
-156.53
117.50
-250.69
-311.01
214.81
64.82
-42.33
61.03
-17.43
65.45
-16.44
102.27
-23.04
238.96
421.29
182.60
-24.70
92.99
-18.53
61.67
-21.09
57.99
-55.88
61.11
-116.12
-205.78
Ram: H_4
Uticaji u gredi: max M2= 421.29 / min M2= -311.01 kNm

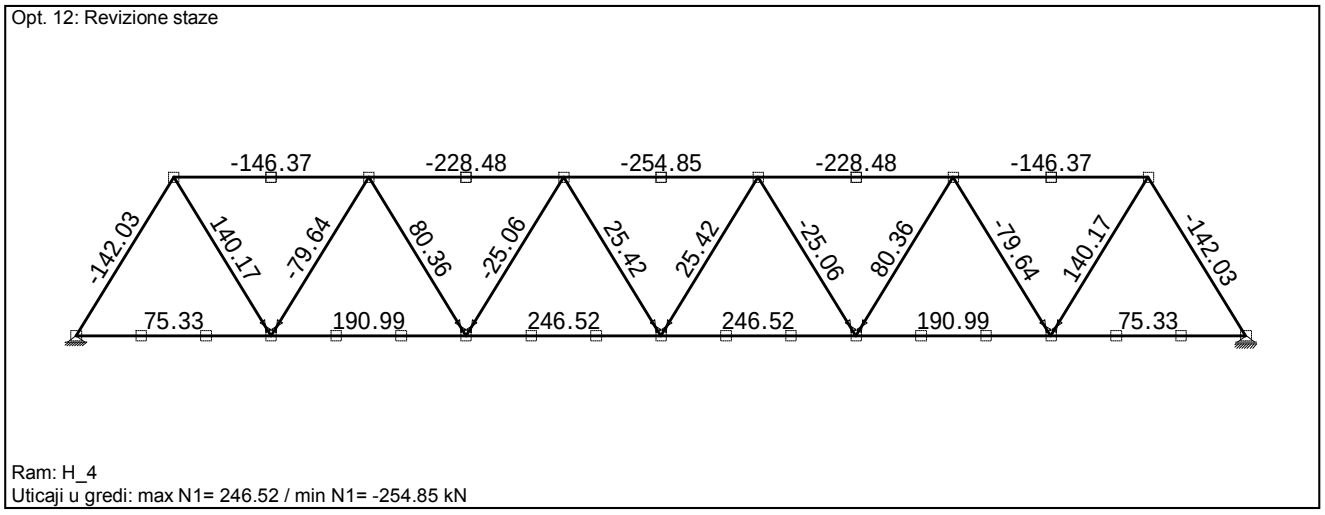

Opt. 6: SW2
-18.39
48.67
-46.57
49.09
-57.19
56.82
-49.69
45.34
-48.58
13.90
-33.18
72.92
43.02
-13.26
-11.63
14.26
15.48
-48.78
Ram: H_4
Uticaji u gredi: max T3= 72.92 / min T3= -57.19 kN

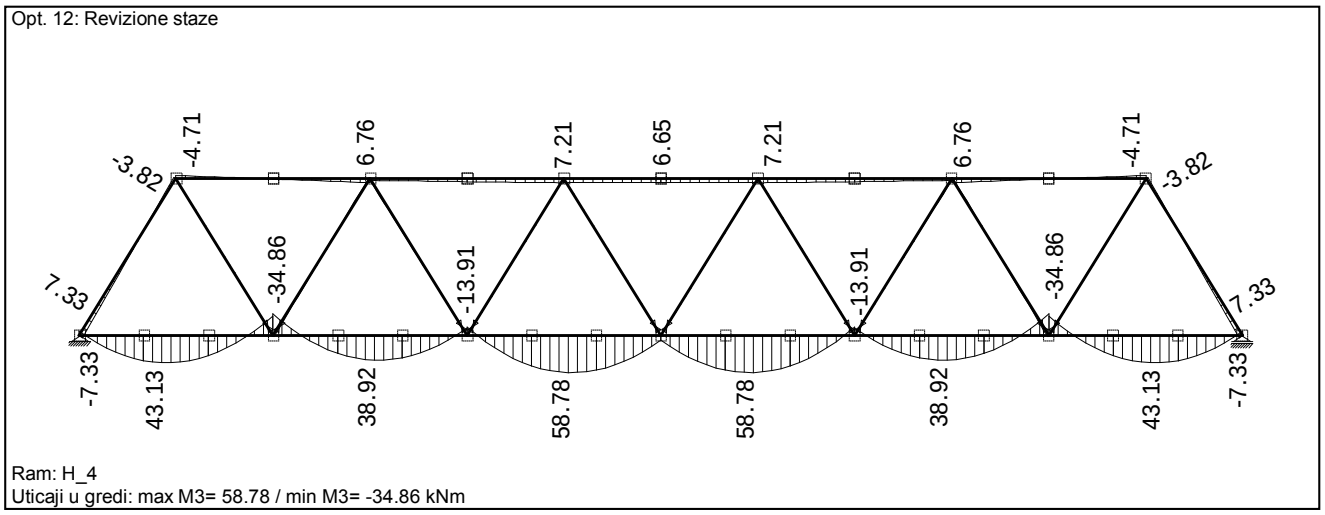

Opt. 6: SW2
-206.83
507.67
-308.67
490.42
-425.07
427.37
-489.30
-525.83
204.82
-685.87
Ram: H_4
Uticaji u gredi: max M1= 613.55 / min M1= -685.87 kNm

3.1.2.3 Кочење и покретање

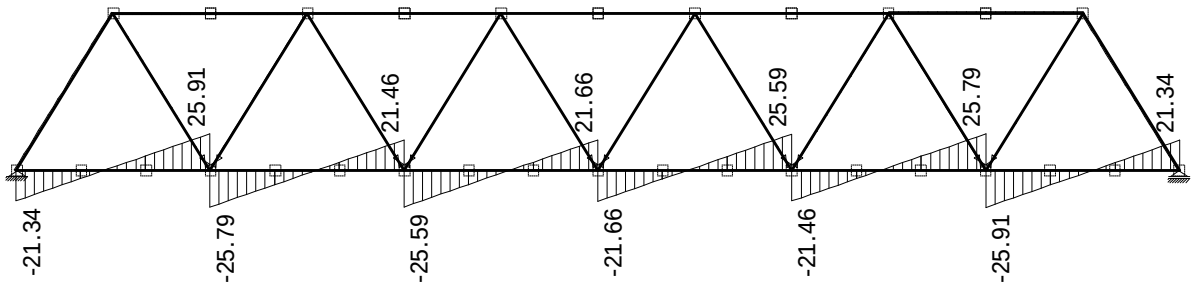


3.1.2.4 Оптерећење на пешачком стазама



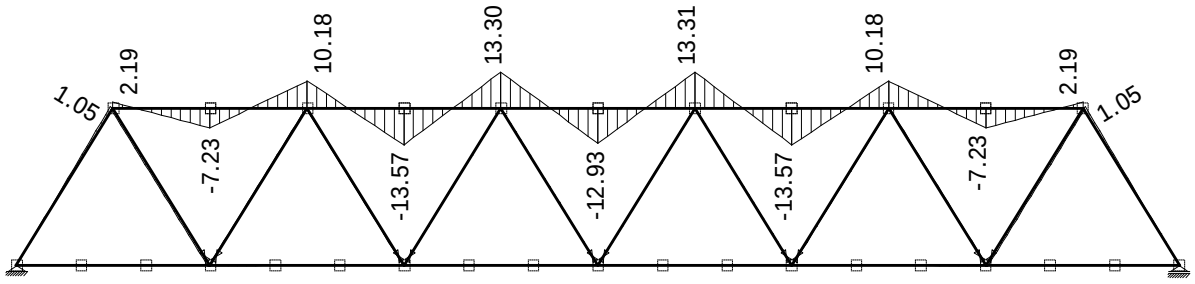


Opt. 12: Revizione staze



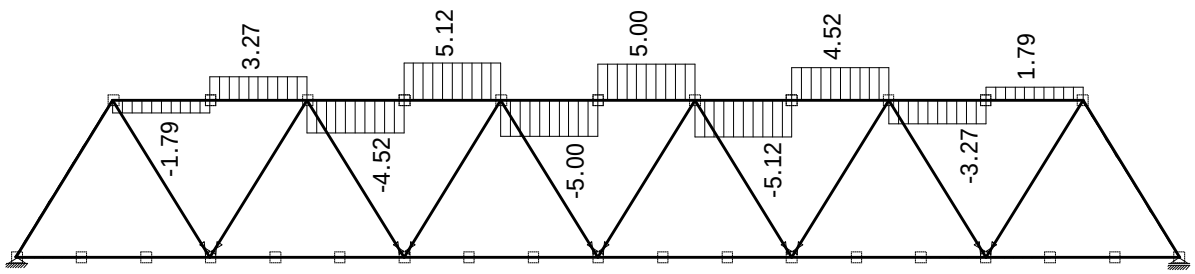
Ram: H_4
Uticaji u gredi: max T2= 25.91 / min T2= -25.91 kN

Opt. 12: Revizione staze



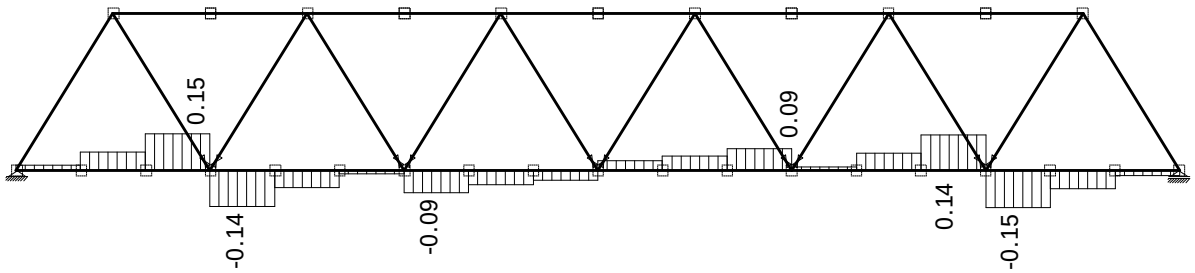
Ram: H_4
Uticaji u gredi: max M2= 13.31 / min M2= -13.57 kNm

Opt. 12: Revizione staze



Ram: H_4
Uticaji u gredi: max T3= 5.12 / min T3= -5.12 kN

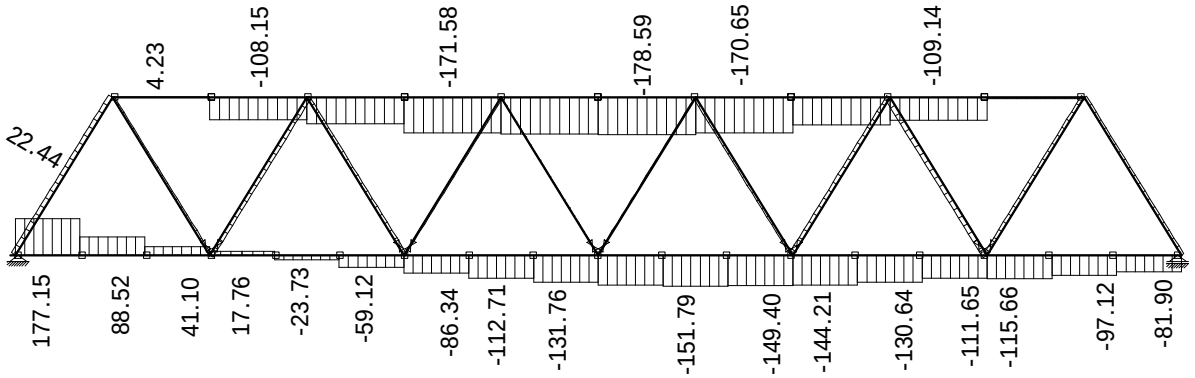
Opt. 12: Revizione staze



Ram: H_4
Uticaji u gredi: max M1= 0.15 / min M1= -0.15 kNm

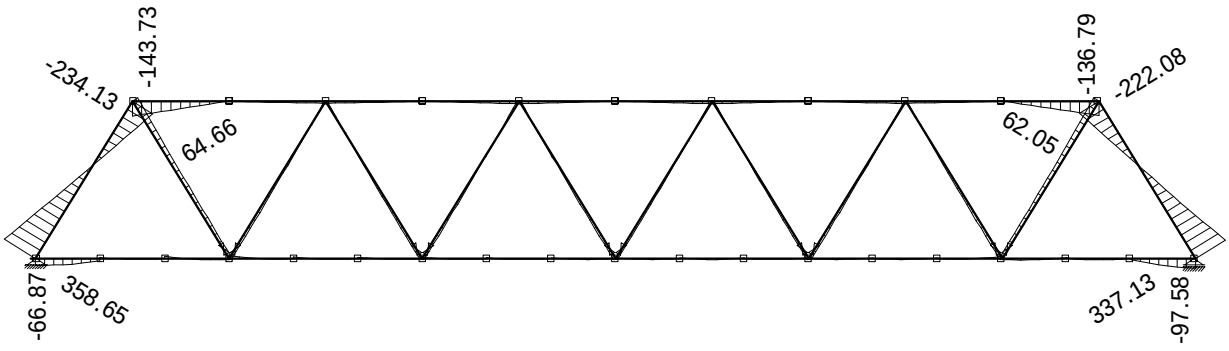
3.1.3 Ветар у попречном правцу

Opt. 10: Vetar poprecno



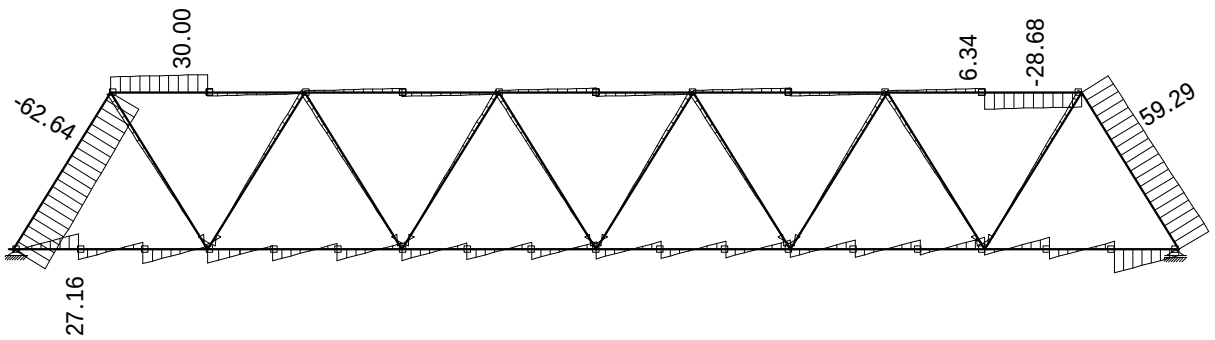
Ram: H_1
Uticaji u gredi: max N1= 177.15 / min N1= -178.59 kN

Opt. 10: Vetar poprecno



Ram: H_1
Uticaji u gredi: max M2= 358.65 / min M2= -234.13 kNm

Opt. 10: Vetar poprecno



Ram: H_1
Uticaji u gredi: max T3= 59.29 / min T3= -62.64 kN

3.2 Табеларни приказ пресечних сила/ Spreadsheets of section forces

3.2.1 Стална оптерећења/ Permanent loads

Челична конструкција/ Steel structure – карактеристичне вредности $G_{k,1\text{-челик}}$

	N	M3	T2	M2	T3	M1
U1.1	432.3	-8	-48.8	4.8	0	-6.2
U1.2	432.3	121.7	-0.7	/	/	-7.6
U2.1	1066	-32.3	-57.2	/	/	4
U2.2	1066	141.1	-9	/	/	-1.8
U3.1	1372	62.1	-71.6	/	/	7
U3.2	1372	262.3	-10.5	/	/	0.1
U3.3	1372	157.3	-50.6	/	/	6.9

	N	M3	T2	M2	T3
D1	-841.7	-57	23	24.8	3.4
D2	707.3	/	/	9.2	/
D3	-530	/	/	16.6	/
D4	384.8	/	/	14.6	/
D5	-218.8	/	/	13	/
D6	81.6	/	/	13	/

	N	M3	T2	M2	T3
O1.1	-792.2	-53.5	-31.9	0	7.8
O1.2	-792.2	44.9	-5.6	41.2	-18.5
O2.1	-1238.1	-55.9	-42.6	-56	24
O2.2	-1238.1	70.5	-5.4	70.9	-27.2
O3.1	-1382.8	-36.7	38.3	-71.7	27.3
O3.2	-1382.8	78.3	-3.3	71.7	-27.3

Бетонска плоча/ Concrete deck – карактеристичне вредности $G_{k,1\text{-бетон}}$

	N	M3	T2	M2	T3	M1
U1.1	706	-65.4	-131.3	73.5	-21.5	-279.2
U1.2	706	364.6	17	/	/	-146.9
U2.1	1793	-277.9	-167.9	/	/	-90.6
U2.2	1793	343.7	-19.5	/	/	-43.6
U3.1	2316.4	-89.5	-167	/	/	-33.7
U3.2	2316.4	527.6	-18.6	/	/	-9.6
U3.3	2316.4	106.3	-129.7	/	/	12.3

	N	M3	T2	M2	T3
D1	-1331.9	65.4	10	-141.3	22.1
D2	1314.7	/	/	-104	/
D3	-751	/	/	-21.2	/
D4	757.8	/	/	-38.4	/
D5	-235.8	/	/	-27.5	/
D6	239.3	/	/	-28.9	/

	N	M3	T2	M2	T3
O1.1	-1362	-43.5	-10	77.2	2.1
O1.2	-1362	12.8	-9.3	88.4	-37.9
O2.1	-2157.3	28.4	-4.4	-110.6	39.9
O2.2	-2157.3	51.3	-4.4	107.3	-43.7
O3.1	-2393	66.7	0	-121.9	48.8
O3.2	-2393	64	0	135.1	-48.8

Сопствена тежина конструкције (челична конструкција + бетонска плоча)/ Selfweight (Steel structur+Concrete deck)
– карактеристичне вредности $G_{k,1}$

	N	M3	T2	M2	T3	M1
U1.1	1138.3	-73.4	-180.1	78.3	-21.5	-285.4
U1.2	1138.3	486.3	16.3	/	/	-154.5
U2.1	2859	-310.2	-225.1	/	/	-86.6
U2.2	2859	484.8	-28.5	/	/	-45.4
U3.1	3688.4	-27.4	-238.6	/	/	-26.7
U3.2	3688.4	789.9	-29.1	/	/	-9.5
U3.3	3688.4	263.6	-180.3	/	/	19.2

	N	M3	T2	M2	T3
D1	-2173.6	8.4	33	-116.5	25.5
D2	2022	/	/	-94.8	/
D3	-1281	/	/	-4.6	/
D4	1142.6	/	/	-23.8	/
D5	-454.6	/	/	-14.5	/
D6	320.9	/	/	-15.9	/

	N	M3	T2	M2	T3
O1.1	-2154.2	-97	-41.9	77.2	9.9
O1.2	-2154.2	57.7	-14.9	129.6	-56.4
O2.1	-3395.4	-27.5	-47	-166.6	63.9
O2.2	-3395.4	121.8	-9.8	178.2	-70.9
O3.1	-3775.8	30	38.3	-193.6	76.1
O3.2	-3775.8	142.3	-3.3	206.8	-76.1

Додатно стално/ Dead load – карактеристичне вредности $G_{k,2}$

	N	M3	T2	M2	T3	M1
O1.1	1038.4	-96.2	-193.1	108.1	-31.6	-410.7
O1.2	1038.4	536.3	25.0	/	/	-216.1
O2.1	2637.1	-408.8	-247.0	/	/	-133.3
O2.2	2637.1	505.6	-28.7	/	/	-64.1
O3.1	3406.7	-131.7	-245.7	/	/	-49.6
O3.2	3407.4	776.1	-27.4	/	/	-14.1
O3.3	3407.4	156.4	-190.8	/	/	18.1

	N	M3	T2	M2	T3
D1	-1958.9	96.2	14.7	-224.4	32.5
D2	1933.6	/	/	-167.5	/
D3	-1104.3	/	/	-33.6	/
D4	1114.3	/	/	-61.8	/
D5	-346.8	/	/	-44.1	/
D6	351.9	/	/	-46.3	/

	N	M3	T2	M2	T3
O1.1	-2045.0	-64.0	-14.7	126.1	0.0
O1.2	-2045.0	13.4	-14.7	133.7	-56.7
O2.1	-3173.8	41.2	-6.5	-164.9	58.3
O2.2	-3173.8	75.7	-6.5	155.3	-63.6
O3.1	-3519.0	97.8	0	-178.8	72.0
O3.2	-3519.0	94.2	0	200.3	-72.0

Стално+Додато стално/ Selfweight+Dead load – карактеристичне вредности $G_{k,1}+ G_{k,2}$

	N	M3	T2	M2	T3	M1
U1.1	2176.7	-169.6	-373.2	186.4	-53.1	-696.1
U1.2	2176.7	1022.6	41.3	/	/	-370.6
U2.1	5496.1	-719.0	-472.1	/	/	-219.9
U2.2	5496.1	990.4	-57.2	/	/	-109.5
U3.1	7095.1	-159.1	-484.3	/	/	-76.3
U3.2	7095.8	1566.0	-56.5	/	/	-23.6
U3.3	7095.8	420.0	-371.1	/	/	37.3

	N	M3	T2	M2	T3
D1	-4132.5	104.6	47.7	-340.9	58.0
D2	3955.6	/	/	-262.3	/
D3	-2385.3	/	/	-38.2	/
D4	2256.9	/	/	-85.6	/
D5	-801.4	/	/	-58.6	/
D6	672.8	/	/	-62.2	/

	N	M3	T2	M2	T3
O1.1	-4199.2	-161.0	-56.6	203.3	9.9
O1.2	-4199.2	71.1	-29.6	263.3	-113.1
O2.1	-6569.2	13.7	-53.5	-331.5	122.2
O2.2	-6569.2	197.5	-16.3	333.5	-134.5
O3.1	-7294.8	127.8	38.3	-372.4	148.1
O3.2	-7294.8	236.5	-3.3	407.1	-148.1

3.2.2 Саобраћајна оптерећења/ Traffic load

3.2.2.1 LM71 на једном колосеку/ LM71 on one track

Носач уз оптерећени колосек – карактеристичне вредности (без коефицијента α)

	Nmax	Nmin	M3max	M3min	T2	M2	T3	M1
U1.1	856.9	0	0	-138.5	-343.4	175.2	-38	-550.5
U1.2	856.9	0	1050.2	-176.4	-36.9	62.3	-1.7	-281.8
U2.1	2577.5	0	101.5	-661.9	-410.5	37.7	11.6	216.7
U2.2	2577.5	0	990.5	-204.3	-98.5	37.2	2.3	228
U3.1	3423.5	0	240.2	-450.5	-455.1	39.2	3.5	274.8
U3.2	3423.5	0	1252.5	-130.9	-111.5	43.6	2.7	294.8
U3.3	3423.5	0	422	-276.5	-390	48.8	2.7	300.4

	Nmax	Nmin	M3	T2	M2	T3
D1	0	-2162	137.1	20.5	-353.8	56
D2	2125.7	0	-57.5	9.5	-219.2	0
D3	183.6	-1384.9	64.2	10.9	-73.9	0
D4	1391	-168.8	-36.6	7	-87.9	0
D5	414.1	-803.9	21.8	3.6	-67	0
D6	812	-408	-14.4	2.4	-69	0

	Nmax	Nmin	M3	T2	M2	T3
O1.1	0	-2169	-73.1	-16.8	198	-16.9
O1.2	0	-2169	17.82	-16.8	109	-53
O2.1	0	-3357.7	102.5	-11.3	-180	52
O2.2	0	-3357.7	84.4	-11.3	117.1	-61.9
O3.1	0	-3750.9	126.6	-6.3	-220.1	65.1
O3.2	0	-3750.9	110.9	-6.3	151.1	-65

Носач уз неоптерећени колосек – карактеристичне вредности (без коефицијента α)

	Nmax	Nmin	M3max	M3min	T2	M2	T3	M1
U1.1*	679.7	0	0	-47.7	-118.39	84.4	35.3	501.2
U1.2*	679.7	0	371.5	-58.7	24.33	55.3	2	364.4
U2.1*	1351.9	0	40.4	-231.5	-151.6	53.2	-8.4	320.4
U2.2*	1351.9	0	381	-53.6	-29.6	37.3	2.3	237.3
U3.1*	1662.9	0	78.5	-147.6	-156.2	41.1	2.8	186.3
U3.2*	1662.9	0	488.9	-19.2	-32	43.6	2.7	-199.4
U3.3*	1662.9	0	145.6	-77.1	-130.8	48.9	2.7	-229.8

	Nmax	Nmin	M3	T2	M2	T3
D1*	0	-817.7	47.3	7	-195.8	37.7
D2*	818.6	0	-16.5	0	139.9	0
D3*	65.4	-539.4	19.2	0	34.6	0
D4*	537.3	-63	-8.2	0	60	0
D5*	174.4	-303.1	6	0	38.5	0
D6*	302.2	-75.5	4.5	0	38.7	0

	Nmax	Nmin	M3	T2	M2	T3
O1.1*	0	-889.7	-26.2	0	100.8	-30
O1.2*	0	-889.7	6.5	0	-112.7	36.3
O2.1*	0	-1409.3	40.9	0	86.5	-34
O2.2*	0	-1409.3	37.4	0	-120.7	37
O3.1*	0	-1585.1	46.9	0	80	-43.2
O3.2*	0	-1585.1	46.6	0	-155	42.9

3.2.2.2 SW/2 на једном колосеку/ SW/2 on one track

Носач уз оптерећени колосек – карактеристичне вредности

	Nmax	Nmin	M3max	M3min	T2	M2	T3	M1
U1.1	1191.4	0	0	-161.7	-371.5	220.5	-46	652.1
U1.2	1191.4	0	1100.4	-119.9	139.7	44.6	-2	-437.8
U2.1	3475	0	77.4	-813	-453.4	-28	15.6	-408.2
U2.2	3475	0	967.2	-151.6	-147.9	26.9	2.4	429.4
U3.1	4428.6	0	150.9	-424.3	-449.3	41.3	6	493.1
U3.2	4428.6	0	1307.6	-6	-153.4	28.4	2.2	551.1
U3.3	4428.6	0	420.3	0	-377.9	34.2	3.8	562.6

	Nmax	Nmin	M3	T2	M2	T3
D1	0	-2924.5	-161.7	24.4	-448	74.3
D2	2871	0	-69.7	11.6	-274	0
D3	203.8	-1819.1	75.3	12.5	-110.6	0
D4	1824.4	-186.2	-43.8	8.3	-126.6	0
D5	531.7	-1042.4	25.5	4.2	-88.7	0
D6	1049.1	-526.1	19	3	-92	0

	Nmax	Nmin	M3	T2	M2	T3
O1.1	0	-3045.6	-95.2	-22.6	252.9	-23.3
O1.2	0	-3045.6	25.5	-22.6	142.8	-70.9
O2.1	0	-4501.4	139.2	-14.9	-231.4	70.9
O2.2	0	-4501.4	106.7	-14.9	151.9	-75.9
O3.1	0	-4700.3	154.4	-9	-259.8	85.9
O3.2	0	-4700.3	128.4	-9	191.7	-86.3

Носач уз неоптерећени колосек – карактеристичне вредности

	Nmax	Nmin	Mmax	Mmin	T2	M2	T3	M1
U1.1*	949.7	0	0	-55.4	-129	-116.1	43	613.6
U1.2*	949.7	0	391	-45.8	38.8	50.4	2.5	503.5
U2.1*	1821.4	0	42.05	-296.8	-176.9	68.2	-13.3	507.7
U2.2*	1821.4	0	402.8	-42	-47.4	24.4	1.6	454.6
U3.1*	2164.8	0	53.4	-149	-182.6	38.3	3.9	490.4
U3.2*	2164.8	0	545.9	0	-50.7	28.5	2	450
U3.3*	2164.8	0	161.4	0	154.1	34.5	4.1	-425.1

	Nmax	Nmin	M3	T2	M2	T3
D1*	0	-1106.6	55.5	8.3	-214.8	-33.2
D2*	1107.1	0	-28.1	0	182.6	0
D3*	72.5	-709.4	28.8	0	64.8	0
D4*	705.9	-70	-16.6	0	93	0
D5*	228.9	-393.7	9.6	0	61	0
D6*	391.6	-231.1	7.9	0	62	0

	Nmax	Nmin	M3	T2	M2	T3
O1.1*	0	-1204.4	-34.6	0	35.9	-18.4
O1.2*	0	-1204.4	9.3	0	-146.9	-18.4
O2.1*	0	-1847.2	37.2	0	110.5	46.6
O2.2*	0	-1847.2	48.2	0	-156.3	49.1
O3.1*	0	-1984.2	62.7	0	104.7	-57.2
O3.2*	0	-1984.2	57.3	0	-196.1	-49.7

3.2.2.3 Кочење и покретање/ Traction and braking

Карактеристичне вредности (без коефицијента α)

	Nmax	Nmin	M3max	M3min	T2	M2	T3	M1
U1.1	1117.3	0	6.21	0	0	0	0	0
U1.2	1050.7	0	23.7	0	0	0	0	0
U2.1	918.6	0	40.1	0	0	0	0	0
U2.2	851.9	0	31.8	0	0	0	0	0
U3.1	722.1	0	25.3	0	0	0	0	0
U3.2	655.3	0	22.4	0	0	0	0	0
U3.3	588.5	0	20.4	0	0	0	0	0

	Nmax	Nmin	M3	T2	M2	T3
D1	0	0	0	0	0	0
D2	0	0	0	0	0	0
D3	0	0	0	0	0	0
D4	0	0	0	0	0	0
D5	0	0	0	0	0	0
D6	0	0	0	0	0	0

	Nmax	Nmin	M3	T2	M2	T3
O1.1	0	0	0	0	0	0
O1.2	0	0	0	0	0	0
O2.1	0	0	0	0	0	0
O2.2	0	0	0	0	0	0
O3.1	0	0	0	0	0	0
O3.2	0	0	0	0	0	0

Напомене:
- Оптерећена оба колосека у истом правцу (кочење + покретање)
- Утицаји могу имати алтернативан знак

Notes:
- Both tracks are loaded in same direction (braking + traction)
- Section forces can have alternative sign

3.2.2.4 Бочни удар

Карактеристичне вредности (без коефицијента α)

	Nmax	Nmin	M3max	M3min	T2	M2	T3	M1
U1.1	45.8	0	0	0	0	0	0	0
U1.2	73.1	0	0	0	0	0	0	0
U2.1	125.6	0	0	0	0	0	0	0
U2.2	146.4	0	0	0	0	0	0	0
U3.1	175.3	0	0	0	0	0	0	0
U3.2	180.4	0	0	0	0	0	0	0
U3.3	181.9	0	0	0	0	0	0	0

	Nmax	Nmin	M3	T2	M2	T3
D1	0	0	0	0	0	0
D2	0	0	0	0	0	0
D3	0	0	0	0	0	0
D4	0	0	0	0	0	0
D5	0	0	0	0	0	0
D6	0	0	0	0	0	0

	Nmax	Nmin	M3	T2	M2	T3
O1.1	0	0	0	0	0	0
O1.2	0	0	0	0	0	0
O2.1	0	0	0	0	0	0
O2.2	0	0	0	0	0	0
O3.1	0	0	0	0	0	0
O3.2	0	0	0	0	0	0

Напомене:
- Симултани бочни удар на оба колосека.
- Утицаји могу имати алтернативан знак

Notes:
- Simultaneous nosing force on both tracks.
- Section forces can have alternative sign

3.2.2.5 Оптерећење са ревизионих стаза/ Revision paths

Оптерећене обе ревизионе стазе

	Nmax	Nmin	M3max	M3min	T2	M2	T3	M1
U1.1	75.3	0	0	-7.3	-21.3	0	0	0
U1.2	75.3	0	0	43.1	2.3	0	0	0
U2.1	191	0	0	-34.9	-25.8	0	0	0
U2.2	191	0	0	38.9	-2.2	0	0	0
U3.1	246.5	0	0	-13.9	-25.6	0	0	0
U3.2	246.5	0	0	58.8	-2	0	0	0
U3.3	246.5	0	0	6.7	-21.7	0	0	0

	Nmax	Nmin	M3	T2	M2	T3
D1	-142	0	0	0	0	0
D2	140	0	0	0	0	0
D3	-79	0	0	0	0	0
D4	80	0	0	0	0	0
D5	-25	0	0	0	0	0
D6	25	0	0	0	0	0

	Nmax	Nmin	M3	T2	M2	T3
O1.1	-148.5	0	0	0	0	0
O1.2	-148.5	0	0	0	0	0
O2.1	-228.7	0	0	0	0	0
O2.2	-228.7	0	0	0	0	0
O3.1	-254.9	0	0	0	0	0
O3.2	-254.9	0	0	0	0	0

3.2.2.6 Групе саобраћајних оптерећења/ Groups of traffic loads

Група **gr21**

	Nmax	Nmin	M3max	M3min	T2	M2	T3	M1
U1.1	3238.928	0	7.5141	-225.302	-558.766	314.116	-3.267	-59.653
U1.2	3174.859	0	1748.934	-284.471	-15.2097	142.296	0.363	99.946
U2.1	5942.068	0	220.22	-1081.01	-680.141	109.989	3.872	649.891
U2.2	5873.945	0	1697.993	-312.059	-155.001	90.145	5.566	563.013
U3.1	7134.342	0	416.24	-723.701	-739.673	97.163	7.623	557.931
U3.2	7056.599	0	2134.198	-181.621	-173.635	105.512	6.534	115.434
U3.3	6976.679	0	711.48	-427.856	-630.168	118.217	6.534	85.426

	Nmax	Nmin	M3	T2	M2	T3
D1	0	-3605.44	223.124	33.275	-665.016	113.377
D2	3562.603	0	-89.54	11.495	-95.953	0
D3	301.29	-2328.4	100.914	13.189	-47.553	0
D4	2333.243	-280.478	-54.208	8.47	-33.759	0
D5	712.085	-1339.47	33.638	4.356	-34.485	0
D6	1348.182	-585.035	-11.979	2.904	-36.663	0

	Nmax	Nmin	M3	T2	M2	T3
O1.1	0	-3701.03	-120.153	-20.328	361.548	-56.749
O1.2	0	-3701.03	29.4272	-20.328	-4.477	-20.207
O2.1	0	-5768.07	173.514	-13.673	-113.135	21.78
O2.2	0	-5768.07	147.378	-13.673	-4.356	-30.129
O3.1	0	-6456.56	209.935	-7.623	-169.521	26.499
O3.2	0	-6456.56	190.575	-7.623	-4.719	-26.741

Група **gr22**

	Nmax	Nmin	M3max	M3min	T2	M2	T3	M1
U1.1	1978.108	0	0	-234.135	-584.539	314.116	-3.267	-59.653
U1.2	1994.625	0	1720.257	-232.32	-12.4267	142.296	0.363	99.946
U2.1	5061.672	0	171.699	-1123.24	-711.359	109.989	3.872	649.891
U2.2	5074.256	0	1659.515	-264.99	-157.663	90.145	5.566	563.013
U3.1	6558.866	0	385.627	-740.52	-770.649	97.163	7.623	557.931
U3.2	6561.951	0	2107.094	-110.473	-176.055	105.512	6.534	115.434
U3.3	6562.859	0	686.796	-419.749	-656.425	118.217	6.534	85.426

	Nmax	Nmin	M3	T2	M2	T3
D1	-171.82	-3605.44	223.124	33.275	-665.016	113.377
D2	3732.003	0	-89.54	11.495	-95.953	0
D3	205.7	-2328.4	100.914	13.189	-47.553	0
D4	2430.043	-280.478	-54.208	8.47	-33.759	0
D5	681.835	-1339.47	33.638	4.356	-34.485	0
D6	1378.432	-585.035	-11.979	2.904	-36.663	0

	Nmax	Nmin	M3	T2	M2	T3
O1.1	-179.685	-3701.03	-120.153	-20.328	361.548	-56.749
O1.2	-179.685	-3701.03	29.4272	-20.328	-4.477	-20.207
O2.1	-276.727	-5768.07	173.514	-13.673	-113.135	21.78
O2.2	-276.727	-5768.07	147.378	-13.673	-4.356	-30.129
O3.1	-308.429	-6456.56	209.935	-7.623	-169.521	26.499
O3.2	-308.429	-6456.56	190.575	-7.623	-4.719	-26.741

Група **gr26** – носач уз LM71

	Nmax	Nmin	M3max	M3min	T2	M2	T3	M1
U1.1	3366.191	0	7.5141	-222.985	-544.514	95.892	-2.98	-52.505
U1.2	3302.122	0	1690.419	-259.244	-5.849	125.783	0.443	162.522
U2.1	6127.669	0	213.386	-1097.7	-673.605	113.817	0.736	769.907
U2.2	6059.546	0	1639.783	-289.203	-166.585	69.412	4.383	730.48
U3.1	7287.033	0	374.655	-694.105	-733.271	85.732	8.135	822.908
U3.2	7209.29	0	2088.529	-158.389	-185.615	81.256	5.267	806.708
U3.3	7129.37	0	696.704	-334.565	-317.8	93.548	7.367	-61.616

	Nmax	Nmin	M3	T2	M2	T3
D1	0	-3722.62	221.391	33.105	-642.898	34.56
D2	3679.197	0	-97.675	11.495	-82.632	0
D3	294.656	-2385.13	106.482	13.189	-24.619	0
D4	2389.01	-274.248	-60.886	8.47	-13.359	0
D5	729.961	-1366.42	35.978	4.356	-20.07	0
D6	1374.12	-724.78	-9.524	2.904	-21.49	0

	Nmax	Nmin	M3	T2	M2	T3
O1.1	0	-3828.89	-123.051	-20.328	275.48	-38.849
O1.2	0	-3828.89	30.8622	-20.328	-15.01	-82.53
O2.1	0	-5910.02	161.225	-13.673	-107.3	109.52
O2.2	0	-5910.02	150.324	-13.673	-14.609	-25.799
O3.1	0	-6522.79	215.886	-7.623	-161.621	21.571
O3.2	0	-6522.79	191.489	-7.623	-13.269	-128.35

Група **gr26** – носач уз SW/2

	Nmax	Nmin	M3max	M3min	T2	M2	T3	M1
U1.1	3393.479	0	7.5141	-219.417	-514.752	322.624	-3.287	1258.552
U1.2	3329.41	0	1578.592	-190.927	169.1393	111.513	0.42	3.124
U2.1	6298.293	0	174.805	-1093.12	-636.836	36.372	5.436	-20.516
U2.2	6230.17	0	1466.688	-216.456	-183.716	72.033	5.183	716.533
U3.1	7420.507	0	276.498	-602.896	-638.302	91.031	9.388	718.523
U3.2	7342.764	0	1926.273	-29.232	-192.12	81.156	5.467	309.826
U3.3	7262.844	0	621.16	-93.291	-536.168	93.369	7.067	284.542

	Nmax	Nmin	M3	T2	M2	T3
D1	0	-3913.92	-104.467	32.87	-684.918	119.917
D2	3861.506	0	-89.665	11.6	-104.721	0
D3	282.934	-2471.77	98.532	12.5	-68.734	0
D4	2474.533	-262.43	-53.722	8.3	-54	0
D5	742.724	-1409.15	32.76	4.2	-42.115	0
D6	1414.762	-617.455	24.445	3	-45.173	0

	Nmax	Nmin	M3	T2	M2	T3
O1.1	0	-4122.14	-126.902	-22.6	374.868	-59.6
O1.2	0	-4122.14	33.365	-22.6	6.433	-26.977
O2.1	0	-6206.65	188.689	-14.9	-126.735	29.76
O2.2	0	-6206.65	151.954	-14.9	5.853	-31.13
O3.1	0	-6618.27	211.149	-9	-163	33.628
O3.2	0	-6618.27	184.786	-9	4.15	-34.391

Група **gr27** – носач уз LM71

	Nmax	Nmin	M3max	M3min	T2	M2	T3	M1
U1.1	3485.013	0	7.5141	-231.818	-570.287	95.892	-2.98	-52.505
U1.2	3437.46	0	1690.419	-207.093	-3.066	125.783	0.443	162.522
U2.1	6434.767	0	213.386	-1139.93	-704.823	113.817	0.736	769.907
U2.2	6379.228	0	1639.783	-242.134	-169.247	69.412	4.383	730.48
U3.1	7691.354	0	374.655	-710.924	-764.247	85.732	8.135	822.908
U3.2	7616.697	0	2088.529	-87.241	-188.035	81.256	5.267	806.708
U3.3	7537.684	0	696.704	-326.458	-344.057	93.548	7.367	-61.616

	Nmax	Nmin	M3	T2	M2	T3
D1	-171.82	-3722.62	221.391	33.105	-642.898	34.56
D2	3848.597	0	-97.675	11.495	-82.632	0
D3	199.066	-2385.13	106.482	13.189	-24.619	0
D4	2485.81	-274.248	-60.886	8.47	-13.359	0
D5	699.711	-1366.42	35.978	4.356	-20.07	0
D6	1404.37	-724.78	-9.524	2.904	-21.49	0

	Nmax	Nmin	M3	T2	M2	T3
O1.1	-179.685	-3828.89	-123.051	-20.328	275.48	-38.849
O1.2	-179.685	-3828.89	30.8622	-20.328	-15.01	-82.53
O2.1	-276.727	-5910.02	161.225	-13.673	-107.3	109.52
O2.2	-276.727	-5910.02	150.324	-13.673	-14.609	-25.799
O3.1	-308.429	-6522.79	215.886	-7.623	-161.621	21.571
O3.2	-308.429	-6522.79	191.489	-7.623	-13.269	-128.35

Група **gr27** – носач уз SW/2

	Nmax	Nmin	M3max	M3min	T2	M2	T3	M1
U1.1	3512.301	0	7.5141	-228.25	-540.525	322.624	-3.287	1258.552
U1.2	3464.748	0	1578.592	-138.776	171.9223	111.513	0.42	3.124
U2.1	6605.391	0	174.805	-1135.34	-668.054	36.372	5.436	-20.516
U2.2	6549.852	0	1466.688	-169.387	-186.378	72.033	5.183	716.533
U3.1	7824.828	0	276.498	-619.715	-669.278	91.031	9.388	718.523
U3.2	7750.171	0	1926.273	41.916	-194.54	81.156	5.467	309.826
U3.3	7671.158	0	621.16	-85.184	-562.425	93.369	7.067	284.542

	Nmax	Nmin	M3	T2	M2	T3
D1	-171.82	-3913.92	-104.467	32.87	-684.918	119.917
D2	4030.906	0	-89.665	11.6	-104.721	0
D3	187.344	-2471.77	98.532	12.5	-68.734	0
D4	2571.333	-262.43	-53.722	8.3	-54	0
D5	712.474	-1409.15	32.76	4.2	-42.115	0
D6	1445.012	-617.455	24.445	3	-45.173	0

	Nmax	Nmin	M3	T2	M2	T3
O1.1	-179.685	-4122.14	-126.902	-22.6	374.868	-59.6
O1.2	-179.685	-4122.14	33.365	-22.6	6.433	-26.977
O2.1	-276.727	-6206.65	188.689	-14.9	-126.735	29.76
O2.2	-276.727	-6206.65	151.954	-14.9	5.853	-31.13
O3.1	-308.429	-6618.27	211.149	-9	-163	33.628
O3.2	-308.429	-6618.27	184.786	-9	4.15	-34.391

3.2.3 Ветар/ Wind

	N	M3	T2	M2	T3	M1
U1.1	30.2	0	0	153.3	0	0
U1.2	55.9	0	0	0	0	0
U2.1	126.9	0	0	0	0	0
U2.2	167.8	0	0	0	0	0
U3.1	205.6	0	0	0	0	0
U3.2	240	0	0	0	0	0
U3.3	246.2	0	0	0	0	0

	N	M3	T2	M2	T3
D1	-8.9	0	0	153.3	-25.3
D2	6.3	0	0	17.9	/
D3	10	0	0	0	/
D4	-8	0	0	0	/
D5	4	0	0	0	/
D6	-1.6	0	0	0	/

	N	M3	T2	M2	T3
O1.1	0	0	0	-55.7	11.9
O1.2	52.1	0	0	0	-3
O2.1	61.6	0	0	0	0
O2.2	79.7	0	0	0	0
O3.1	79.7	0	0	0	0
O3.2	82.7	0	0	0	0

Напомена:
- Утицаји могу имати алтернативан знак
- Section forces can have alternative sign

3.2.4 Комбинације оптерећења/ Load combinations

Комбинација 1.1/ Combination 1.1

	N	M3	T2	M2	T3	M1
U1.1	7759.3	-564.4	-1339.6	879.6	-76.5	-1026.2
U1.2	7695.3	3916.5	36.5	206.3	0.5	-355.4
U2.1	16407.7	-2580.0	-1654.5	159.5	5.6	645.5
U2.2	16354.9	3799.1	-304.6	130.7	8.1	668.5
U3.1	20450.3	-1280.8	-1757.0	140.9	11.1	706.0
U3.2	20377.2	5208.7	-330.4	153.0	9.5	135.5
U3.3	20268.3	1598.6	-1440.8	171.4	9.5	174.2

	N	M3	T2	M2	T3
D1	-10816.8	464.7	112.7	-1252.0	214.2
D2	10680.9	-129.8	16.7	-473.1	0.0
D3	-6585.1	146.3	19.1	-120.5	0.0
D4	6517.0	-78.6	12.3	-164.5	0.0
D5	-3019.6	48.8	6.3	-129.1	0.0
D6	2891.3	-17.4	4.2	-137.1	0.0

	N	M3	T2	M2	T3
O1.1	-11035.3	-391.6	-105.9	736.1	-55.5
O1.2	-10976.7	138.7	-69.4	349.0	-185.4
O2.1	-17162.8	270.1	-92.1	-611.5	196.6
O2.2	-17142.5	480.3	-41.8	443.9	-225.3
O3.1	-19120.3	476.9	40.7	-748.5	238.4
O3.2	-19117.0	595.6	-15.5	542.7	-238.7

Комбинација 1.2/ Combination 1.2

	N	M3	T2	M2	T3	M1
U1.1	5931.1	-577.2	-1377.0	879.6	-76.5	-1026.2
U1.2	5984.0	3874.9	40.5	206.3	0.5	-355.4
U2.1	15131.1	-2641.2	-1699.7	159.5	5.6	645.5
U2.2	15195.4	3743.3	-308.5	130.7	8.1	668.5
U3.1	19615.8	-1305.2	-1801.9	140.9	11.1	706.0
U3.2	19660.0	5169.4	-333.9	153.0	9.5	135.5
U3.3	19668.3	1562.8	-1478.8	171.4	9.5	174.2

	N	M3	T2	M2	T3
D1	-10816.8	464.7	112.7	-1252.0	214.2
D2	10926.6	-129.8	16.7	-473.1	0.0
D3	-6585.1	146.3	19.1	-120.5	0.0
D4	6657.4	-78.6	12.3	-164.5	0.0
D5	-3019.6	48.8	6.3	-129.1	0.0
D6	2935.2	-17.4	4.2	-137.1	0.0

	N	M3	T2	M2	T3
O1.1	-11035.3	-391.6	-105.9	736.1	-55.5
O1.2	-10976.7	138.7	-69.4	349.0	-185.4
O2.1	-17162.8	270.1	-92.1	-611.5	196.6
O2.2	-17142.5	480.3	-41.8	443.9	-225.3
O3.1	-19120.3	476.9	40.7	-748.5	238.4
O3.2	-19117.0	595.6	-15.5	542.7	-238.7

Комбинација 1.3 Главни носач уз SW2/ Combination 1.3 Main girder next to SW2

	N	M3	T2	M2	T3	M1
U1.1	7135.1	-501.0	-1147.1	811.3	-75.7	570.5
U1.2	7087.1	3274.9	261.5	133.8	0.5	-496.5
U2.1	15349.6	-2324.3	-1432.5	43.6	6.5	-321.4
U2.2	15313.9	3097.0	-300.3	86.4	6.2	712.0
U3.1	19010.1	-954.9	-1450.4	109.2	11.3	759.3
U3.2	18956.5	4425.6	-309.2	97.4	6.6	339.9
U3.3	18867.6	1312.3	-1170.4	112.0	8.5	391.8

	N	M3	T2	M2	T3
D1	-10285.6	15.9	103.9	-1109.7	193.8
D2	10149.0	-107.6	13.9	-459.6	0.0
D3	-6175.0	118.2	15.0	-134.1	0.0
D4	6103.3	-64.5	10.0	-180.4	0.0
D5	-2768.4	39.3	5.0	-129.6	0.0
D6	2634.2	29.3	3.6	-138.2	0.0

	N	M3	T2	M2	T3
O1.1	-10615.4	-369.6	-103.5	661.7	-44.8
O1.2	-10556.8	136.0	-67.1	363.2	-188.4
O2.1	-16247.1	244.9	-90.1	-599.6	200.7
O2.2	-16226.7	449.0	-39.9	457.2	-218.9
O3.1	-17700.2	425.9	40.9	-698.3	240.3
O3.2	-17696.9	541.0	-15.3	554.6	-241.2

Комбинација 1.4 Главни носач уз SW2/ Combination 1.4 Main girder next to SW2

	N	M3	T2	M2	T3	M1
U1.1	7277.6	-511.6	-1178.1	811.3	-75.7	570.5
U1.2	7249.5	3274.9	264.8	133.8	0.5	-496.5
U2.1	15718.2	-2374.9	-1469.9	43.6	6.5	-321.4
U2.2	15697.5	3097.0	-303.5	86.4	6.2	712.0
U3.1	19495.3	-975.1	-1487.6	109.2	11.3	759.3
U3.2	19445.4	4425.6	-312.1	97.4	6.6	339.9
U3.3	19357.5	1312.3	-1201.9	112.0	8.5	391.8

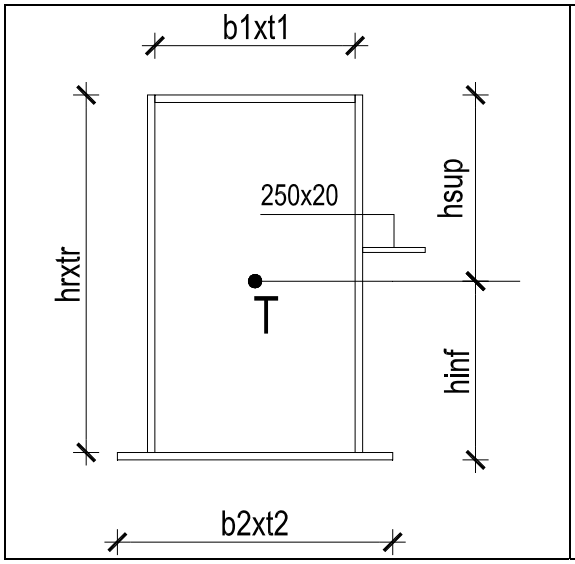
	N	M3	T2	M2	T3
D1	-10285.6	15.9	103.9	-1109.7	193.8
D2	10352.2	-107.6	13.9	-459.6	0.0
D3	-6175.0	118.2	15.0	-134.1	0.0
D4	6219.4	-64.5	10.0	-180.4	0.0
D5	-2768.4	39.3	5.0	-129.6	0.0
D6	2670.5	29.3	3.6	-138.2	0.0

	N	M3	T2	M2	T3
O1.1	-10615.4	-369.6	-103.5	661.7	-44.8
O1.2	-10556.8	136.0	-67.1	363.2	-188.4
O2.1	-16247.1	244.9	-90.1	-599.6	200.7
O2.2	-16226.7	449.0	-39.9	457.2	-218.9
O3.1	-17700.2	425.9	40.9	-698.3	240.3
O3.2	-17696.9	541.0	-15.3	554.6	-241.2

Коментар: Комбинације оптерећења са SW2 нису релевантне за даљу анализу
Comment: Load combination with SW2 are not relevant for further analysis

4. НАПОНИ/ STRESSES

4.1.1 Доњи појас / Bottom chord



	Доњи појас/ Bottom chord U1,U2,U5,U6	Доњи појас Bottom chord U3,U4
b1 (mm)	800	800
t1 (mm)	20	25
b2 (mm)	1100	1100
t2 (mm)	15	20
hr (mm)	1430	1430
tr (mm)	15	20
hsup (mm)	-717	-729
hinf (mm)	728	721
A(cm2)	804.0	1042.0
I (cm4)	2392181	3120881
Wsup (cm3)	-33363	-42834
Winf (cm3)	32860	43266

Kombinacija 1.1

	N	M3	T2	M2	T3	M1		σy,sup	σy,inf	τ
U1.1	7676.8	-681.0	-1367.6	824.6	-76.8	-1172.2	U1.1	11.59	7.48	6.59
U1.2	7610.8	4044.3	54.2	206.3	0.5	-385.0	U1.2	-2.66	21.77	1.23
U2.1	17131.7	-2910.5	-1713.0	159.5	5.6	603.5	U2.1	30.03	12.45	5.78
U2.2	17166.8	3834.5	-311.6	130.7	8.1	661.8	U2.2	9.86	33.02	2.63
U3.1	21772.4	-1551.0	-1789.3	140.9	11.1	690.9	U3.1	24.52	17.31	4.60
U3.2	21782.5	5213.7	-318.0	153.0	9.5	136.5	U3.2	8.73	32.95	0.85
U3.3	21787.2	1164.5	-376.2	171.4	9.5	171.7	U3.3	18.19	23.60	1.02

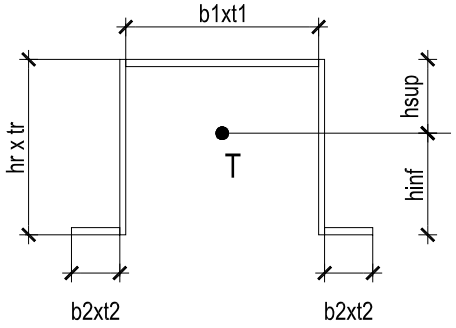
Kombinacija 1.2

	N	M3	T2	M2	T3	M1		σy,sup	σy,inf	τ
U1.1	7226.2	-681.0	-1367.6	824.6	-76.8	-1172.2	U1.1	11.03	6.92	6.59
U1.2	7184.1	4044.3	54.2	206.3	0.5	-385.0	U1.2	-3.19	21.24	1.23
U2.1	16751.1	-2910.5	-1713.0	159.5	5.6	603.5	U2.1	29.56	11.98	5.78
U2.2	16804.5	3834.5	-311.6	130.7	8.1	661.8	U2.2	9.41	32.57	2.63
U3.1	21435.4	-1551.0	-1789.3	140.9	11.1	690.9	U3.1	24.19	16.99	4.60
U3.2	21449.9	5213.7	-318.0	153.0	9.5	136.5	U3.2	8.41	32.64	0.85
U3.3	21455.9	1164.5	-376.2	171.4	9.5	171.7	U3.3	17.87	23.28	1.02

		Kombinacija 1.3								
	N	M3	T2	M2	T3	M1		σy,sup	σy,inf	τ
U1.1	7221.3	-617.7	-1175.1	756.3	-76.0	424.6	U1.1	10.83	7.10	3.99
U1.2	7151.1	3409.8	279.2	133.8	0.5	-526.1	U1.2	-1.33	19.27	2.17
U2.1	16182.3	-2654.7	-1491.0	43.6	6.5	-363.5	U2.1	28.08	12.05	4.57
U2.2	16214.3	3142.0	-307.3	86.4	6.2	705.3	U2.2	10.75	29.73	2.75
U3.1	20381.4	-1225.1	-1482.7	109.2	11.3	744.1	U3.1	22.42	16.73	4.18
U3.2	20390.7	4437.4	-296.8	97.4	6.6	340.9	U3.2	9.21	29.82	1.25
U3.3	20395.2	884.4	-105.9	112.0	8.5	389.2	U3.3	17.51	21.62	1.02

		Kombinacija 1.4								
	N	M3	T2	M2	T3	M1		σy,sup	σy,inf	τ
U1.1	6848.4	-617.7	-1175.1	756.3	-76.0	424.6	U1.1	10.37	6.64	3.99
U1.2	6798.0	3409.8	279.2	133.8	0.5	-526.1	U1.2	-1.77	18.83	2.17
U2.1	15867.3	-2654.7	-1491.0	43.6	6.5	-363.5	U2.1	27.69	11.66	4.57
U2.2	15914.4	3142.0	-307.3	86.4	6.2	705.3	U2.2	10.38	29.36	2.75
U3.1	20102.5	-1225.1	-1482.7	109.2	11.3	744.1	U3.1	22.15	16.46	4.18
U3.2	20115.5	4437.4	-296.8	97.4	6.6	340.9	U3.2	8.95	29.56	1.25
U3.3	20121.1	884.4	-105.9	112.0	8.5	389.2	U3.3	17.25	21.35	1.02

4.1.2 Горњи појас/ Top chord



	Горњи појас Top chord O1,O5	Горњи појас Top chord O2,O4	Горњи појас Top chord O3
b1 (mm)	800	800	800
t1 (mm)	30	40	40
b2 (mm)	250	250	300
t2 (mm)	30	40	40
hr (mm)	730	730	730
tr (mm)	25	25	30
hsup (mm)	-323	-318	-337
hinf (mm)	407	412	393
A(cm2)	755	885	998
iy(cm)	28.8	29.3	29.3
iz(cm)	40.0	39.9	41.9
Iy (cm4)	626990	762347	854162
Iz	1210823	1407344	1750701
$W_{y,sup}$ (cm3)	-19411	-23973	-25346
$W_{y,inf}$ (cm3)	15405	18504	21756
W_z (cm3)	17938	20850	23982

Kombinacija 1.1

	N	M3	T2	M2	T3		σy,sup	σy,inf	τZ	τy
O1.1	-11868.6	-486.7	-135.6	1097.7	-51.5	O1.1	-19.33	-25.00	-0.39	-0.13
O1.2	-11751.6	161.1	-85.5	389.3	-189.1	O1.2	-18.57	-16.69	-0.24	-0.48
O2.1	-18366.0	358.4	-101.9	-642.9	202.9	O2.1	-25.33	-21.90	-0.28	0.39
O2.2	-18314.2	603.8	-43.9	447.1	-230.4	O2.2	-25.36	-19.58	-0.12	-0.44
O3.1	-20479.5	596.4	-72.1	-772.8	252.0	O3.1	-26.10	-21.00	-0.16	0.41
O3.2	-20476.1	731.3	-15.5	589.6	-252.3	O3.2	-25.86	-19.61	-0.04	-0.42

Kombinacija 1.2

	N	M3	T2	M2	T3		σy,sup	σy,inf	τZ	τy
O1.1	-11868.6	-486.7	-135.6	1097.7	-51.5	O1.1	-19.33	-25.00	-0.39	-0.13
O1.2	-11751.6	161.1	-85.5	389.3	-189.1	O1.2	-18.57	-16.69	-0.24	-0.48
O2.1	-18366.0	358.4	-101.9	-642.9	202.9	O2.1	-25.33	-21.90	-0.28	0.39
O2.2	-18314.2	603.8	-43.9	447.1	-230.4	O2.2	-25.36	-19.58	-0.12	-0.44
O3.1	-20479.5	596.4	-72.1	-772.8	252.0	O3.1	-26.10	-21.00	-0.16	0.41
O3.2	-20476.1	731.3	-15.5	589.6	-252.3	O3.2	-25.86	-19.61	-0.04	-0.42

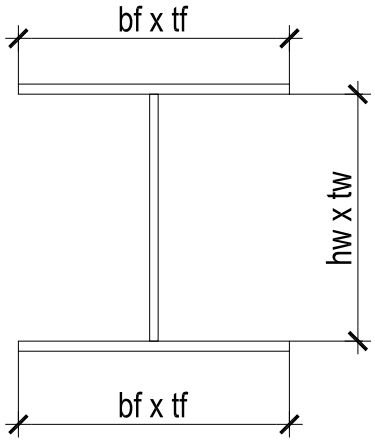
Kombinacija 1.3

	N	M3	T2	M2	T3		σy,sup	σy,inf	τZ	τy
O1.1	-11448.7	-464.8	-133.2	1023.3	-40.7	**O1.1**	-18.47	-23.89	-0.38	-0.10
O1.2	-11331.7	158.4	-83.1	403.5	-192.2	**O1.2**	-18.07	-16.23	-0.24	-0.49
O2.1	-17450.3	333.2	-100.0	-630.9	207.0	**O2.1**	-24.13	-20.94	-0.27	0.40
O2.2	-17398.5	572.5	-41.9	460.5	-224.1	**O2.2**	-24.26	-18.77	-0.11	-0.43
O3.1	-19059.4	545.4	-71.8	-722.6	253.9	**O3.1**	-24.26	-19.60	-0.16	0.42
O3.2	-19056.0	676.7	-15.3	601.4	-254.8	**O3.2**	-24.27	-18.49	-0.03	-0.42

Kombinacija 1.4

	N	M3	T2	M2	T3		σy,sup	σy,inf	τZ	τy
O1.1	-11448.7	-464.8	-133.2	1023.3	-40.7	**O1.1**	-18.47	-23.89	-0.38	-0.10
O1.2	-11331.7	158.4	-83.1	403.5	-192.2	**O1.2**	-18.07	-16.23	-0.24	-0.49
O2.1	-17450.3	333.2	-100.0	-630.9	207.0	**O2.1**	-24.13	-20.94	-0.27	0.40
O2.2	-17398.5	572.5	-41.9	460.5	-224.1	**O2.2**	-24.26	-18.77	-0.11	-0.43
O3.1	-19059.4	545.4	-71.8	-722.6	253.9	**O3.1**	-24.26	-19.60	-0.16	0.42
O3.2	-19056.0	676.7	-15.3	601.4	-254.8	**O3.2**	-24.27	-18.49	-0.03	-0.42

4.1.3 Дијагонале/ Diagonals



Дијагонале карактеристике бруто пресека Diagonals gross section properties			
	D1,D12	D2,D3,D10,D11	D4 - D9
b_f(mm)	800	650	550
t_f(mm)	40	25	20
h_w(mm)	800	800	800
t_w(mm)	30	15	15
A(cm2)	880	445	340
Iy (cm4)	1257813	617177	433893
iy (cm)	37.8	37.2	35.7
Iz (cm4)	341513	114450	55481
iz (cm)	19.7	16.0	12.8

Kombinacija 1.1

	N	M3	T2	M2	T3		σy	τy	τz
D1	-11574.7	548.2	136.1	-1015.3	331.3	**D1**	-22.72	0.21	1.38
D2	11432.4	-129.8	16.7	-551.9	0.0	**D2**	26.83	0.04	0.00
D3	-6986.7	146.3	19.1	-145.6	0.0	**D3**	-15.13	0.05	0.00
D4	6950.0	-78.6	12.3	-191.4	0.0	**D4**	26.19	0.07	0.00
D5	-3186.8	48.8	6.3	-154.9	0.0	**D5**	-10.29	0.04	0.00
D6	3039.7	-17.4	4.2	-163.1	0.0	**D6**	11.38	0.03	0.00

Kombinacija 1.2

	N	M3	T2	M2	T3		σy	τy	τz
D1	-11574.7	548.2	136.1	-1015.3	331.3	**D1**	-22.72	0.21	1.38
D2	11678.1	-129.8	16.7	-551.9	0.0	**D2**	27.29	0.04	0.00
D3	-6986.7	146.3	19.1	-145.6	0.0	**D3**	-15.13	0.05	0.00
D4	7090.4	-78.6	12.3	-191.4	0.0	**D4**	26.60	0.07	0.00
D5	-3186.8	48.8	6.3	-154.9	0.0	**D5**	-10.29	0.04	0.00
D6	3083.5	-17.4	4.2	-163.1	0.0	**D6**	11.51	0.03	0.00

Kombinacija 1.3

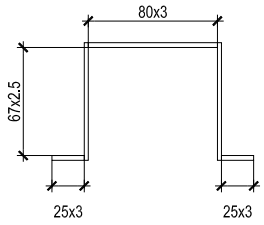
	N	M3	T2	M2	T3		σy	τy	τz
D1	-11043.5	99.3	127.3	-872.9	310.9	**D1**	-16.69	0.20	1.30
D2	10900.5	-107.6	13.9	-538.4	0.0	**D2**	25.32	0.03	0.00
D3	-6576.7	118.2	15.0	-159.2	0.0	**D3**	-13.72	0.04	0.00
D4	6536.2	-64.5	10.0	-207.2	0.0	**D4**	24.43	0.06	0.00
D5	-2935.5	39.3	5.0	-155.4	0.0	**D5**	-9.08	0.03	0.00
D6	2782.5	29.3	3.6	-164.1	0.0	**D6**	11.23	0.02	0.00

Kombinacija 1.4

	N	M3	T2	M2	T3		σy	τy	τz
D1	-11043.5	99.3	127.3	-872.9	310.9	**D1**	-16.69	0.20	1.30
D2	10900.5	-107.6	13.9	-538.4	0.0	**D2**	25.32	0.03	0.00
D3	-6576.7	118.2	15.0	-159.2	0.0	**D3**	-13.72	0.04	0.00
D4	6536.2	-64.5	10.0	-207.2	0.0	**D4**	24.43	0.06	0.00
D5	-2935.5	39.3	5.0	-155.4	0.0	**D5**	-9.08	0.03	0.00
D6	2782.5	29.3	3.6	-164.1	0.0	**D6**	11.23	0.02	0.00

5. СТАБИЛНОСТ/ STABILITY

5.1.1 Горњи појас О1/ Top chord O1



Класификација пресека/ Cross section classification

Горња фланша: c/t=80/3 =26.67 <33ε=26.73 ⟶ класа 1

Ребро: c/t=67/2.5=26.8 < 38ε=30.78⟶ класа 2

Доња фланша: c/t=25/3=8.33 < 14ε=11.34 ⟶ класа 3

Попречни пресек је класе 3/ Class 3 of cross section

	Kombinacija 1.1											
	N	M3	T2	M2	T3	A	Wy,sup	Wy,inf	Wz	Az	Ay
O1.1	-11868.6	-486.7	-135.6	1097.7	-51.5	755.0	-19411	15405	17938	350	390
O1.2	-11751.6	161.1	-85.5	389.3	-189.1	755.0	-19411	15405	17938	350	390
O2.1	-18366.0	358.4	-101.9	-642.9	202.9	885.0	-23973	18504	20850	365	520
O2.2	-18314.2	603.8	-43.9	447.1	-230.4	885.0	-23973	18504	20850	365	520
O3.1	-20479.5	596.4	-72.1	-772.8	252.0	998.0	-25320	21753	23982	438	608
O3.2	-20476.1	731.3	-15.5	589.6	-252.3	998.0	-25320	21753	23982	438	608

$N_{Ed} = -11868.6kN$, $M_{y,Ed} = -486.7kNm$, $M_{z,Ed} = 1097.7kNm$

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{L^2} = \frac{3.14^2 \cdot 21000 \cdot 626991}{1050^2} = 117750kN \,, \qquad \overline{\lambda_y} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}} = \sqrt{\frac{755 \cdot 35.5}{117750}} = 0.477$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{L^2} = \frac{3.14^2 \cdot 21000 \cdot 1210823}{525^2} = 909580kN \,, \qquad \overline{\lambda_z} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}} = \sqrt{\frac{755 \cdot 35.5}{909580}} = 0.172$$

Меродавно је извијање у равни решетке.

$$\phi_y = 0.5 \cdot (1 + \alpha \cdot (\overline{\lambda}_y - 0.2) + \overline{\lambda}_y{}^2) = 0.5 \cdot (1 + 0.49 \cdot (0.477 - 0.2) + 0.477^2) = 0.682$$

$$\chi_y = \frac{1.0}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \overline{\lambda}_y{}^2}} = \frac{1.0}{0.682 + \sqrt{0.682^2 - 0.477^2}} = 0.855$$

$M_{y,Rk} = W_y \cdot f_y = 15405 \cdot 35.5 = 5468.78kNm$

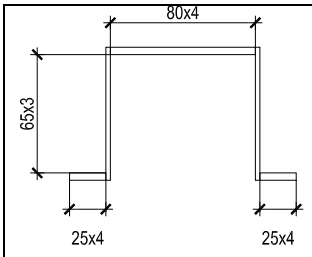
$M_{z,Rk} = W_z \cdot f_y = 11938 \cdot 35.5 = 6368.0kNm$

$N_{Rk} = A \cdot f_y = 755 \cdot 35.5 = 26802.5kN$

Услов/ Condition:

$$\frac{\frac{11868.6}{0.855 \cdot 26802.5}}{1.1} + \frac{\frac{486.7}{5468.78}}{1.1} + \frac{\frac{1097.7}{6368.9}}{1.1} = 0.857 \le 1 \Rightarrow OK$$

5.1.2 Горњи појас O2 и O4/ Top chords O2 and O4



Класификација пресека/ Cross section classification

Горња фланша: c/t=80/4 =20 <33ε=26.73 ⟶ класа 1

Ребро: c/t=75/2.5=30 < 33ε=30.8 ⟶ класа 2

Доња фланша: c/t=25/4=6.25 < 9ε=7.29 ⟶ класа 1

Попречни пресек је класе 2/ Class 2 of cross section

	Kombinacija 1.1											
	N	M3	T2	M2	T3		A		Wy,sup	Wy,inf	Wz	Az	Ay
O1.1	-11868.6	-486.7	-135.6	1097.7	-51.5		755.0		-19411	15405	17938	350	390
O1.2	-11751.6	161.1	-85.5	389.3	-189.1		755.0		-19411	15405	17938	350	390
O2.1	-18366.0	358.4	-101.9	-642.9	202.9		885.0		-23973	18504	20850	365	520
O2.2	-18314.2	603.8	-43.9	447.1	-230.4		885.0		-23973	18504	20850	365	520
O3.1	-20479.5	596.4	-72.1	-772.8	252.0		998.0		-25320	21753	23982	438	608
O3.2	-20476.1	731.3	-15.5	589.6	-252.3		998.0		-25320	21753	23982	438	608

$N_{Ed} = -18366kN$, $M_{y,Ed} = 603.8kNm$, $M_{z,Ed} = 447.1kNm$

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{L^2} = \frac{3.14^2 \cdot 21000 \cdot 762347}{1050^2} = 143170kN \,, \qquad \overline{\lambda_y} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}} = \sqrt{\frac{885 \cdot 35.5}{143170}} = 0.468$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{L^2} = \frac{3.14^2 \cdot 21000 \cdot 1407344}{525^2} = 1057208kN \,, \qquad \overline{\lambda_z} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}} = \sqrt{\frac{885 \cdot 35.5}{1057208}} = 0.172$$

Меродавно је извијање у равни решетке.

$$\phi_y = 0.5 \cdot (1 + \alpha \cdot (\overline{\lambda}_y - 0.2) + \overline{\lambda}_y{}^2) = 0.5 \cdot (1 + 0.49 \cdot (0.468 - 0.2) + 0.468^2) = 0.675$$

$$\chi_y = \frac{1.0}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \overline{\lambda}_y{}^2}} = \frac{1.0}{0.675 + \sqrt{0.675^2 - 0.468^2}} = 0.861$$

$M_{y,Rk} = W_y \cdot f_y = 18504 \cdot 35.5 = 6568.92kNm$

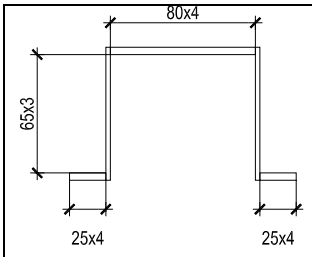
$M_{z,Rk} = W_z \cdot f_y = 20850 \cdot 35.5 = 7401.75kNm$

$N_{Rk} = A \cdot f_y = 885 \cdot 35.5 = 31417.5kN$

Услов/ Condition:

$$\frac{\frac{18366}{0.861 \cdot 31417.5}}{1.1} + \frac{\frac{603.8}{6568.92}}{1.1} + \frac{\frac{447.1}{7401.75}}{1.1} = 0.914 \le 1 \Rightarrow OK$$

5.1.3 Горњи појас О3 / Top chords O3



Класификација пресека/ Cross section classification

Горња фланша: c/t=80/4 =20 <33ε=26.73 ⟶ класа 1

Ребро: c/t=75/2.5=30 < 33ε=30.8 ⟶ класа 2

Доња фланша: c/t=30/4=7.5 < 10ε=8.1 ⟶класа 2

Попречни пресек је класе 2/ Class 2 of cross section

	Kombinacija 1.1										
	N	M3	T2	M2	T3	A	Wy,sup	Wy,inf	Wz	Az	Ay
O1.1	-11868.6	-486.7	-135.6	1097.7	-51.5	755.0	-19411	15405	17938	350	390
O1.2	-11751.6	161.1	-85.5	389.3	-189.1	755.0	-19411	15405	17938	350	390
O2.1	-18366.0	358.4	-101.9	-642.9	202.9	885.0	-23973	18504	20850	365	520
O2.2	-18314.2	603.8	-43.9	447.1	-230.4	885.0	-23973	18504	20850	365	520
O3.1	-20479.5	596.4	-72.1	-772.8	252.0	998.0	-25320	21753	23982	438	608
O3.2	-20476.1	731.3	-15.5	589.6	-252.3	998.0	-25320	21753	23982	438	608

$N_{Ed} = -20476kN$, $M_{y,Ed} = 731.3kNm$, $M_{z,Ed} = 772.8kNm$

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{L^2} = \frac{3.14^2 \cdot 21000 \cdot 854162}{1050^2} = 160413kN\,, \qquad \overline{\lambda_y} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}} = \sqrt{\frac{998 \cdot 35.5}{160413}} = 0.470$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I}{L^2} = \frac{3.14^2 \cdot 21000 \cdot 1750701}{525^2} = 1315140kN\,, \qquad \overline{\lambda_z} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}} = \sqrt{\frac{958 \cdot 35.5}{1165729}} = 0.171$$

Меродавно је извијање у равни решетке.

$$\phi_y = 0.5 \cdot (1 + \alpha \cdot (\overline{\lambda}_y - 0.2) + \overline{\lambda}_y{}^2) = 0.5 \cdot (1 + 0.49 \cdot (0.470 - 0.2) + 0.470^2) = 0.677$$

$$\chi_y = \frac{1.0}{\phi + \sqrt{\phi^2 - \overline{\lambda_y}^2}} = \frac{1.0}{0.677 + \sqrt{0.677^2 - 0.470^2}} = 0.859$$

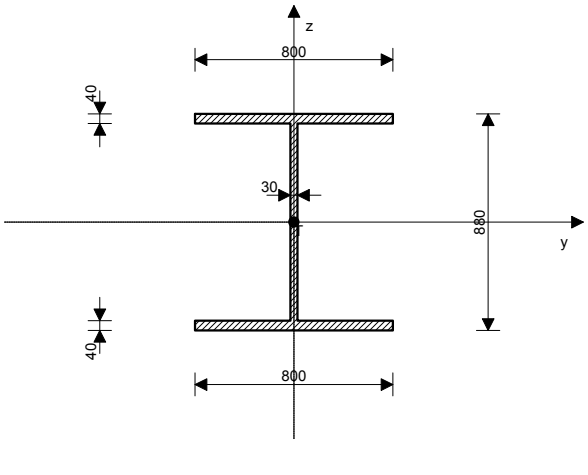
$$M_{y,Rk} = W_y \cdot f_y = 21753 \cdot 35.5 = 7722.49kNm$$
$$M_{z,Rk} = W_z \cdot f_y = 23982 \cdot 35.5 = 8513.68kNm$$
$$N_{Rk} = A \cdot f_y = 998 \cdot 35.5 = 35429kN$$

Услов/ Condition:

$$\frac{\frac{20476}{\frac{0.859 \cdot 35429}{1.1}} + \frac{731.3}{\frac{7722}{1.1}} + \frac{772.8}{\frac{8513}{1.1}}}{} = 0.944 \le 1 \Rightarrow OK$$

5.1.4 Дијагонала D1/ Diagonal D1

GEOMETRIJSKE KARAKTERISTIKE PRESEKA



Ax =	880.00	cm2
Ay =	640.00	cm2
Az =	240.00	cm2
Ix =	4133.3	cm4
Iy =	1.26e+6	cm4
Iz =	3.42e+5	cm4
Wy =	28587	cm3
Wz =	8537.8	cm3
Wy,pl =	31680	cm3
Wz,pl =	12800	cm3
γM0 =	1.000	
γM1 =	1.100	
γM2 =	1.250	
Anet/A =	1.000	

(fy = 35.5 kN/cm2, fu = 51.0 kN/cm2)

FAKTORI ISKORIŠĆENJA PO KOMBINACIJAMA OPTEREĆENJA
2. γ=0.90

ŠTAP IZLOŽEN PRITISKU I SAVIJANJU
(slučaj opterećenja 2, početak štapa)

Računska normalna sila	NEd =	-11044	kN
Momenat savijanja oko y ose	MEd,y =	1015.0	kNm
Momenat savijanja oko z ose	MEd,z =	548.00	kNm
Sistemska dužina štapa	L =	1010.0	cm

5.5 KLASIFIKACIJA POPREČNIH PRESEKA
Klasa preseka 3

6.2 NOSIVOST POPREČNIH PRESEKA
6.2.4 Pritisak

Računska otpornost na pritisak	Nc,Rd =	31240	kN

Uslov 6.9: NEd <= Nc,Rd (11044.00 <= 31240.00)

6.2.5 Savijanje y-y

Elastični otporni moment	Wy,el =	28587	cm3
Računska otpornost na savijanje	Mc,Rd =	10148	kNm

Uslov 6.12: MEd,y <= Mc,Rd,y (1015.00 <= 10148.27)

6.2.5 Savijanje z-z

Elastični otporni moment	Wz,el =	8537.8	cm3
Računska otpornost na savijanje	Mc,Rd =	3030.9	kNm

Uslov 6.12: MEd,z <= Mc,Rd,z (548.00 <= 3030.93)

6.2.9 Savijanje i aksijalna sila
Uslov 6.42: (0.63 <= 1)

6.3 NOSIVOST ELEMENATA NA IZVIJANJE
6.3.1.1 Nosivost na izvijanje

Dužina izvijanja y-y	l,y =	1010.0	cm
Relativna vitkost y-y	λ_y =	0.350	
Kriva izvijanja za osu y-y: B	α =	0.340	
Elastična kritična sila	Ncr,y =	2.56e+5	kN

Redukcioni koeficijent	χ,y =	0.946	
Računska otpornost na izvijanje	Nb,Rd,y =	26855	kN
Uslov 6.46: NEd <= Nb,Rd,y (11044.00 <= 26855.19)			

Dužina izvijanja z-z	l,z =	1010.0	cm
Relativna vitkost z-z	λ_z =	0.671	
Kriva izvijanja za osu z-z: C	α =	0.490	
Redukcioni koeficijent	χ,z =	0.743	
Računska otpornost na izvijanje	Nb.Rd,z =	21089	kN
Uslov 6.46: NEd <= Nb,Rd,z (11044.00 <= 21088.79)			

6.3.2.1 Nosivost na bočno-torziono izvijanje

Koeficijent	C1 =	1.000	
Koeficijent	C2 =	0.000	
Koeficijent	C3 =	1.000	
Koef.efekt.dužine bočnog izvijanja	k =	1.000	
Koef.efekt.dužine torzionog uvrtanja	kw =	1.000	
Koordinata	zg =	0.000	cm
Koordinata	zj =	0.000	cm
Razmak bočno pridržanih tačaka	L =	1010.0	cm
Sektorski momenat inercije	Iw =	6.02e+8	cm6
Krit.mom.za bočno tor.izvijanje	Mcr =	32871	kNm
Odgovarajući otporni momenat	Wy =	28587	cm3
Koeficijent imperf.	αLT =	0.490	
Bezdimenziona vitkost	λLT_ =	0.556	
Koeficijent redukcije (6.3.2.2.)	χLT =	0.811	
Računska otpornost na izvijanje	Mb,Rd =	7485.4	kNm
Uslov 6.54: MEd,y <= Mb,Rd (1015.00 <= 7485.36)			

6.3.3 Elementi konstantnog poprečnog preseka opterećeni savijanjem i aksijalnim pritiskom
Proračun koeficijenata interakcije izvršen je alternativnom metodom br.2 (Aneks B)

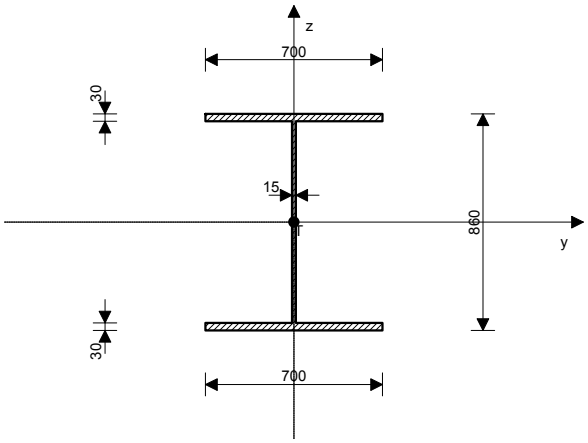
Koeficijent uniformnog momenta	Cmy =	1.000
Koeficijent uniformnog momenta	Cmz =	1.000
Koeficijent uniformnog momenta	CmLT =	1.000
Koeficijent interakcije	kyy =	1.086
Koeficijent interakcije	kyz =	1.211
Koeficijent interakcije	kzy =	0.977
Koeficijent interakcije	kzz =	1.211

Redukcioni koeficijent	χy =	0.946
NEd / (χy NRk / γM1)		0.411
kyy * (MyEd + ΔMyEd) / ...		0.147
kyz * (MzEd + ΔMzEd) / ...		0.241
Uslov 6.61: (0.80 <= 1)		

Redukcioni koeficijent	χz =	0.743
NEd / (χz NRk / γM1)		0.524
kzy * (MyEd + ΔMyEd) / ...		0.132
kzz * (MzEd + ΔMzEd) / ...		0.241
Uslov 6.62: (0.90 <= 1)		

5.1.5 Дијагонала D3/ Diagonal D3

GEOMETRIJSKE KARAKTERISTIKE PRESEKA



[mm]

Ax =	540.00	cm2
Ay =	420.00	cm2
Az =	120.00	cm2
Ix =	1350.0	cm4
Iy =	7.88e+5	cm4
Iz =	1.72e+5	cm4
Wy =	18318	cm3
Wz =	4900.6	cm3
Wy,pl =	19830	cm3
Wz,pl =	7350.0	cm3
γM0 =	1.000	
γM1 =	1.100	
γM2 =	1.250	
Anet/A =	1.000	

(fy = 35.5 kN/cm2, fu = 51.0 kN/cm2)

FAKTORI ISKORIŠĆENJA PO KOMBINACIJAMA OPTEREĆENJA
2. γ=0.72

ŠTAP IZLOŽEN PRITISKU I SAVIJANJU
(slučaj opterećenja 2, početak štapa)

Računska normalna sila	NEd =	-6986.7	kN
Momenat savijanja oko y ose	MEd,y =	145.60	kNm
Momenat savijanja oko z ose	MEd,z =	146.30	kNm
Sistemska dužina štapa	L =	1010.0	cm

5.5 KLASIFIKACIJA POPREČNIH PRESEKA
Klasa preseka 3

6.2 NOSIVOST POPREČNIH PRESEKA
6.2.4 Pritisak

Računska otpornost na pritisak	Nc,Rd =	19170	kN

Uslov 6.9: NEd <= Nc,Rd (6986.70 <= 19170.00)

6.2.5 Savijanje y-y

Elastični otporni moment	Wy,el =	18318	cm3
Računska otpornost na savijanje	Mc,Rd =	6502.8	kNm

Uslov 6.12: MEd,y <= Mc,Rd,y (145.60 <= 6502.77)

6.2.5 Savijanje z-z

Elastični otporni moment	Wz,el =	4900.6	cm3
Računska otpornost na savijanje	Mc,Rd =	1739.7	kNm

Uslov 6.12: MEd,z <= Mc,Rd,z (146.30 <= 1739.73)

6.2.9 Savijanje i aksijalna sila
Uslov 6.42: (0.47 <= 1)

6.3 NOSIVOST ELEMENATA NA IZVIJANJE
6.3.1.1 Nosivost na izvijanje

Dužina izvijanja y-y	l,y =	1010.0	cm
Relativna vitkost y-y	λ_y =	0.346	
Kriva izvijanja za osu y-y: B	α =	0.340	
Elastična kritična sila	Ncr,y =	1.60e+5	kN

Redukcioni koeficijent	χ,y =	0.947	
Računska otpornost na izvijanje	Nb,Rd,y =	16503	kN

Uslov 6.46: NEd <= Nb,Rd,y (6986.70 <= 16502.63)

Dužina izvijanja z-z	l,z =	1010.0	cm
Relativna vitkost z-z	λ_z =	0.742	
Kriva izvijanja za osu z-z: C	α =	0.490	
Redukcioni koeficijent	χ,z =	0.699	
Računska otpornost na izvijanje	Nb.Rd,z =	12177	kN

Uslov 6.46: NEd <= Nb,Rd,z (6986.70 <= 12177.26)

6.3.2.1 Nosivost na bočno-torziono izvijanje

Koeficijent	C1 =	1.000	
Koeficijent	C2 =	0.000	
Koeficijent	C3 =	1.000	
Koef.efekt.dužine bočnog izvijanja	k =	1.000	
Koef.efekt.dužine torzionog uvrtanja	kw =	1.000	
Koordinata	zg =	-0.000	cm
Koordinata	zj =	0.000	cm
Razmak bočno pridržanih tačaka	L =	1010.0	cm
Sektorski momenat inercije	Iw =	2.95e+8	cm6
Krit.mom.za bočno tor.izvijanje	Mcr =	15721	kNm
Odgovarajući otporni momenat	Wy =	18318	cm3
Koeficijent imperf.	αLT =	0.490	
Bezdimenziona vitkost	λLT_ =	0.643	
Koeficijent redukcije (6.3.2.2.)	χLT =	0.760	
Računska otpornost na izvijanje	Mb,Rd =	4490.0	kNm

Uslov 6.54: MEd,y <= Mb,Rd (145.60 <= 4490.00)

6.3.3 Elementi konstantnog poprečnog preseka opterećeni savijanjem i aksijalnim pritiskom
Proračun koeficijenata interakcije izvršen je alternativnom metodom br.2 (Aneks B)

Koeficijent uniformnog momenta	Cmy =	1.000	
Koeficijent uniformnog momenta	Cmz =	1.000	
Koeficijent uniformnog momenta	CmLT =	1.000	
Koeficijent interakcije	kyy =	1.088	
Koeficijent interakcije	kyz =	1.255	
Koeficijent interakcije	kzy =	0.972	
Koeficijent interakcije	kzz =	1.255	

Redukcioni koeficijent	χy =	0.947	
NEd / (χy NRk / γM1)		0.423	
kyy * (MyEd + ΔMyEd) / ...		0.035	
kyz * (MzEd + ΔMzEd) / ...		0.116	

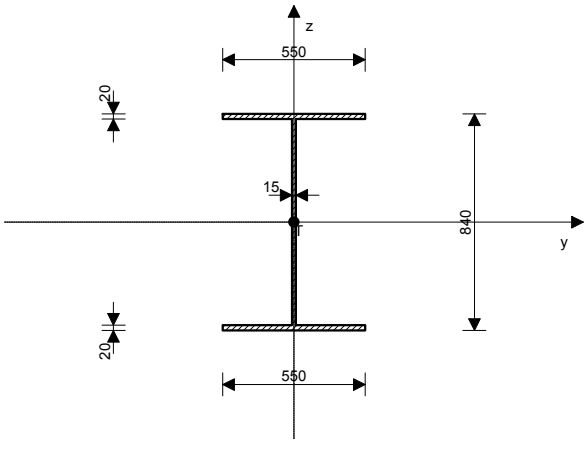
Uslov 6.61: (0.57 <= 1)

Redukcioni koeficijent	χz =	0.699	
NEd / (χz NRk / γM1)		0.574	
kzy * (MyEd + ΔMyEd) / ...		0.032	
kzz * (MzEd + ΔMzEd) / ...		0.116	

Uslov 6.62: (0.72 <= 1)

5.1.6 Дијагонала D5/ Diagonal D5

GEOMETRIJSKE KARAKTERISTIKE PRESEKA



[mm]

Ax =	340.00	cm2
Ay =	220.00	cm2
Az =	120.00	cm2
Ix =	383.33	cm4
Iy =	4.34e+5	cm4
Iz =	55481	cm4
Wy =	10331	cm3
Wz =	2017.5	cm3
Wy,pl =	11420	cm3
Wz,pl =	3025.0	cm3
γM0 =	1.000	
γM1 =	1.100	
γM2 =	1.250	
Anet/A =	1.000	

(fy = 35.5 kN/cm2, fu = 51.0 kN/cm2)

FAKTORI ISKORIŠĆENJA PO KOMBINACIJAMA OPTEREĆENJA
2. γ=0.69

ŠTAP IZLOŽEN PRITISKU I SAVIJANJU
(slučaj opterećenja 2, početak štapa)

Računska normalna sila	NEd =	-3187.0 kN
Transverzalna sila u y pravcu	VEd,y =	9.663 kN
Momenat savijanja oko y ose	MEd,y =	154.90 kNm
Momenat savijanja oko z ose	MEd,z =	48.800 kNm
Sistemska dužina štapa	L =	1010.0 cm

5.5 KLASIFIKACIJA POPREČNIH PRESEKA
Klasa preseka 4
Nož.dole l. 275.0mm X 20.0mm [90.9%] 9.1%
Nož.dole d. 275.0mm X 20.0mm[84.8%] 15.2%
Nož.gor.l. 275.0mm X 20.0mm [88.7%] 11.3%
Nož.gor.d. 275.0mm X 20.0mm [84.5%] 15.5%
Rebro 800.0mm X 15.0mm [39.4%] 25.9% [34.7%]

6.2 NOSIVOST POPREČNIH PRESEKA
6.2.4 Pritisak

Efektivna površina poprečnog preseka	Aeff =	340.00 cm2
Računska otpornost na pritisak	Nc,Rd =	12070 kN

Uslov 6.9: NEd <= Nc,Rd (3187.00 <= 12070.00)

6.2.5 Savijanje y-y

Efektivni otporni moment	Wy,eff =	9372.5 cm3
Računska otpornost na savijanje	Mc,Rd =	3327.2 kNm

Uslov 6.12: MEd,y <= Mc,Rd,y (154.90 <= 3327.23)

6.2.5 Savijanje z-z

Efektivni otporni moment	Wz,eff =	1503.1 cm3
Računska otpornost na savijanje	Mc,Rd =	533.62 kNm

Uslov 6.12: MEd,z <= Mc,Rd,z (48.80 <= 533.62)

6.2.6 Smicanje

Proračunska nosivost na smicanje	Vpl,Rd,y =	4509.1	kN
Proračunska nosivost na smicanje	Vc,Rd,y =	4509.1	kN

Uslov 6.17: VEd,y <= Vc,Rd,y (9.66 <= 4509.11)

6.2.10 Savijanje smicanje i aksijalna sila
Nije potrebna redukcija momenata otpornosti
Uslov: VEd,y <= 50%Vpl,Rd,y

6.2.9 Savijanje i aksijalna sila
Uslov 6.43: (0.44 <= 1)

6.3 NOSIVOST ELEMENATA NA IZVIJANJE
6.3.1.1 Nosivost na izvijanje

Dužina izvijanja y-y	l,y =	1010.0	cm
Relativna vitkost y-y	λ_y =	0.370	
Kriva izvijanja za osu y-y: B	α =	0.340	
Elastična kritična sila	Ncr,y =	88158	kN
Redukcioni koeficijent	χ,y =	0.938	
Računska otpornost na izvijanje	Nb,Rd,y =	10290	kN

Uslov 6.46: NEd <= Nb,Rd,y (3187.00 <= 10290.26)

Dužina izvijanja z-z	l,z =	1010.0	cm
Relativna vitkost z-z	λ_z =	1.035	
Kriva izvijanja za osu z-z: C	α =	0.490	
Redukcioni koeficijent	χ,z =	0.520	
Računska otpornost na izvijanje	Nb.Rd,z =	5706.2	kN

Uslov 6.46: NEd <= Nb,Rd,z (3187.00 <= 5706.15)

6.3.2.1 Nosivost na bočno-torziono izvijanje

Koeficijent	C1 =	1.000	
Koeficijent	C2 =	0.000	
Koeficijent	C3 =	1.000	
Koef.efekt.dužine bočnog izvijanja	k =	1.000	
Koef.efekt.dužine torzionog uvrtanja	kw =	1.000	
Koordinata	zg =	0.000	cm
Koordinata	zj =	0.000	cm
Razmak bočno pridržanih tačaka	L =	1010.0	cm
Sektorski momenat inercije	Iw =	9.32e+7	cm6
Krit.mom.za bočno tor.izvijanje	Mcr =	4984.1	kNm
Odgovarajući otporni momenat	Wy =	9372.5	cm3
Koeficijent imperf.	αLT =	0.490	
Bezdimenziona vitkost	λLT_ =	0.817	
Koeficijent redukcije (6.3.2.2.)	χLT =	0.651	
Računska otpornost na izvijanje	Mb,Rd =	1970.5	kNm

Uslov 6.54: MEd,y <= Mb,Rd (154.90 <= 1970.49)

6.3.3 Elementi konstantnog poprečnog preseka opterećeni savijanjem i aksijalnim pritiskom
Proračun koeficijenata interakcije izvršen je alternativnom metodom br.2 (Aneks B)

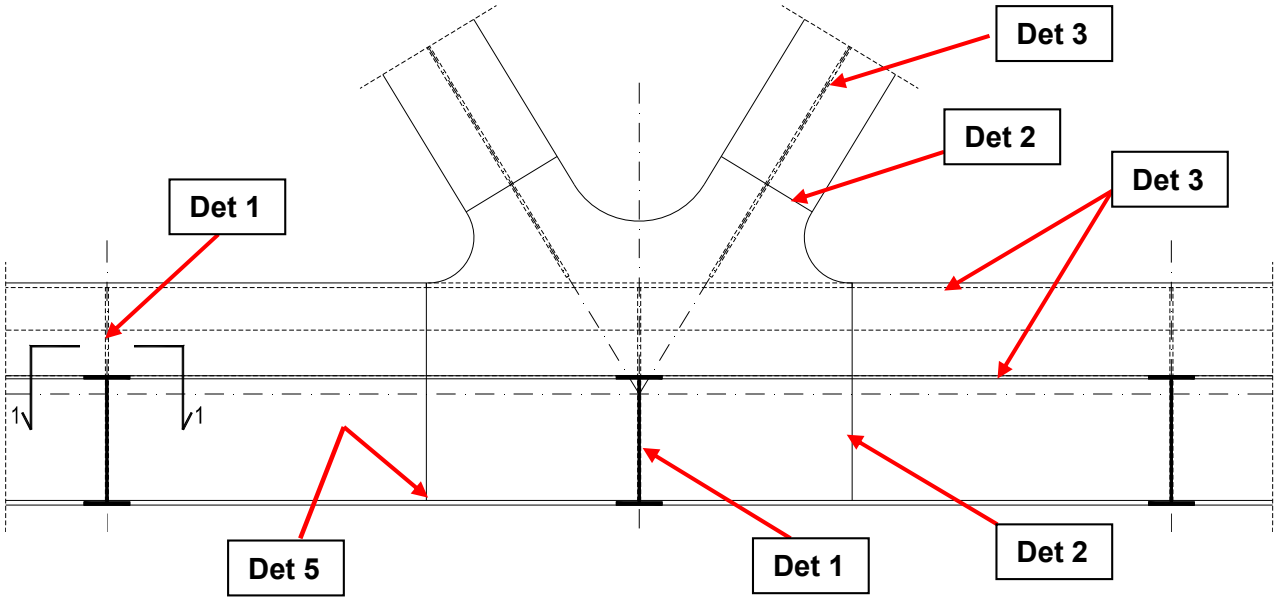
Koeficijent uniformnog momenta	Cmy =	1.000	
Koeficijent uniformnog momenta	Cmz =	0.400	
Koeficijent uniformnog momenta	CmLT =	1.000	
Koeficijent interakcije	kyy =	1.069	
Koeficijent interakcije	kyz =	0.534	
Koeficijent interakcije	kzy =	0.963	
Koeficijent interakcije	kzz =	0.534	

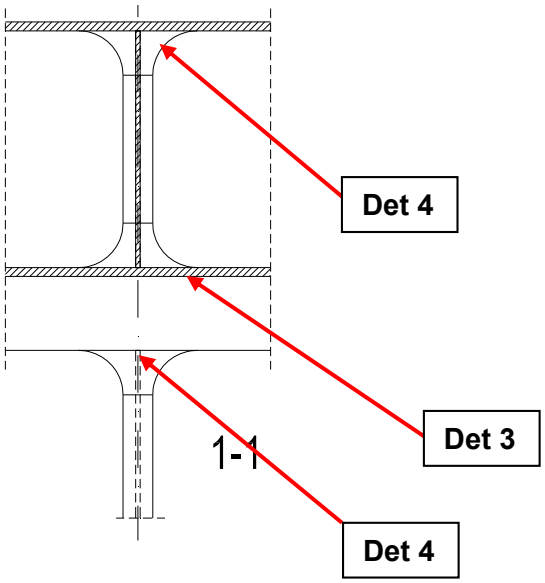
Redukcioni koeficijent	χy =	0.938	
NEd / (χy NRk / γM1)		0.310	

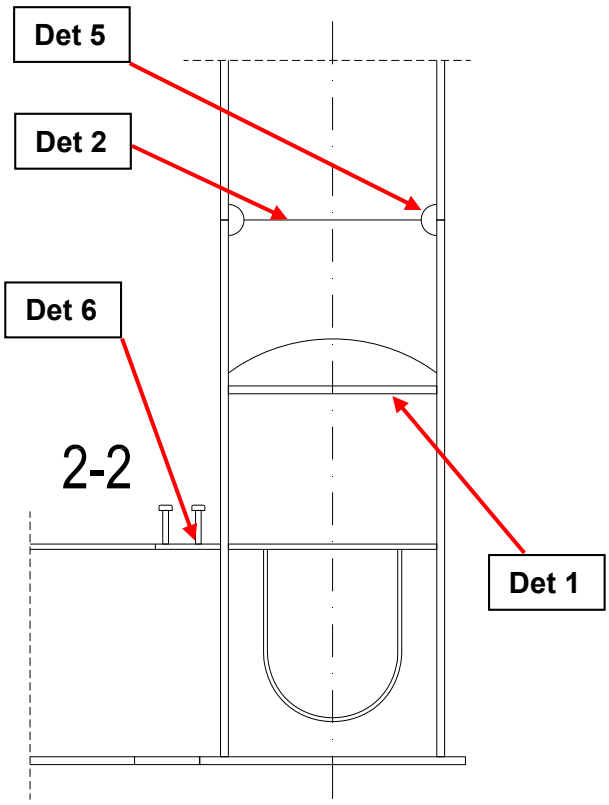
kyy * (MyEd + ΔMyEd) / ...		0.084
kyz * (MzEd + ΔMzEd) / ...		0.054
Uslov 6.61: (0.45 <= 1)		
Redukcioni koeficijent	χz =	0.520
NEd / (χz NRk / γM1)		0.559
kzy * (MyEd + ΔMyEd) / ...		0.076
kzz * (MzEd + ΔMzEd) / ...		0.054
Uslov 6.62: (0.69 <= 1)		

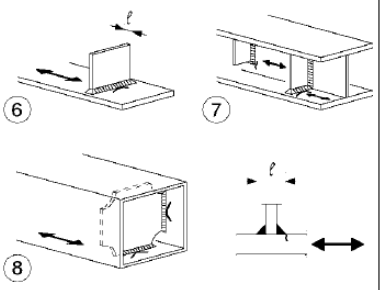
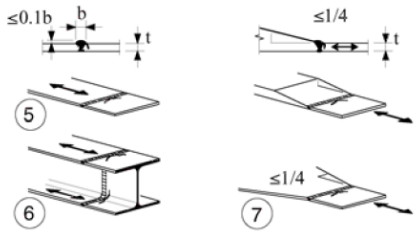
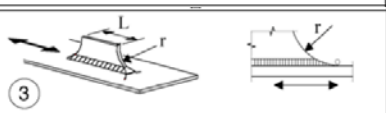
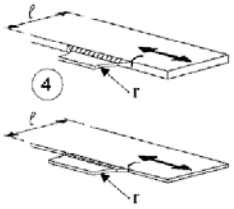
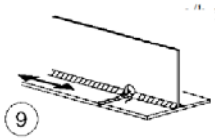
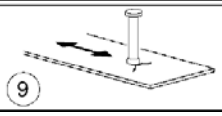
6. ЗАМОР/ FATIGUE

6.1 Категорије детаља/ Detail categories







Det 1 Попречно укрућење , Веза ребра попречног носача за главни Cross stiffener, connection between web of cross girder and main girder	80	ℓ≤50mm		Transverse attachments: 6) Welded to plate. 7) Vertical stiffeners welded to a beam or plate girder. 8) Diaphragm of box girders welded to the flange or the web. May not be possible for small hollow sections. The values are also valid for ring stiffeners.	Details 6) and 7): Ends of welds to be carefully ground to remove any undercut that may be present. 7) Δσ to be calculated using principal stresses if the stiffener terminates in the web, see left side.
	71	50<ℓ≤80mm			
Det 2 Сучеони спојеви лимова Plate but welds	90	size effect for t>25mm: $k_s=(25/t)^{0,2}$		5) Transverse splices in plates or flats. 6) Full cross-section butt welds of rolled sections without cope holes. 7) Transverse splices in plates or flats tapered in width or in thickness with a slope ≤ ¼. Translation of welds to be machined notch free.	- The height of the weld convexity to be not greater than 10% of the weld width, with smooth transition to the plate surface. - Weld run-on and run-off pieces to be used and subsequently removed, plate edges to be ground flush in direction of stress. - Welded from both sides; checked by NDT. Details 5 and 7: Welds made in flat position.
Det 3 Подужни угаони шавови/ Longitudinal fillet welds	100			5) Manual fillet or butt weld. 6) Manual or automatic or fully mechanized butt welds carried out from one side only, particularly for box girders	5), 6) A very good fit between the flange and web plates is essential. The web edge to be prepared such that the root face is adequate for the achievement of regular root penetration without break-out.
Det 4 Прикључци ребру и фланшама/ Gusset plates on wecs and flanges	80	r>150mm		3) Longitudinal fillet welded gusset with radius transition to plate or tube; end of fillet weld reinforced (full penetration); length of reinforced weld > r.	Details 3) and 4): Smooth transition radius r formed by initially machining or gas cutting the gusset plate before welding, then subsequently grinding the weld area parallel to the direction of the arrow so that the transverse weld toe is fully removed.
	90	$\frac{r}{\ell} \geq \frac{1}{3}$ or r>150mm		4) Gusset plate, welded to the edge of a plate or beam flange.	
	71	$\frac{1}{6} \leq \frac{r}{\ell} \leq \frac{1}{3}$			
	50	$\frac{r}{\ell} < \frac{1}{6}$			
Det 5 Олкери на монтажним наставцима/ Cap holes	71			9) Longitudinal butt weld, fillet weld or intermittent weld with a cope hole height not greater than 60 mm. For cope holes with a height > 60 mm see detail 1) in Table 8.4	9) Δσ based on direct stress in flange.
Det 6 Можданици типа чеп са главом/ Studs	80			9) The effect of welded shear studs on base material.	

Минимална категорија детаља код појасних штапова и дијагонала је **71**./ Min detail category of chords and diagonals is 71.

6.2 λ koeficijent/ λ factor

(damage equivalence factor) SRPS EN1993-2:2006+C:2009

$$\lambda = \lambda_1 \cdot \lambda_2 \cdot \lambda_3 \cdot \lambda_4, \quad \lambda \le \lambda_{max} = 1.40$$

	Главни носач/ Main girder	SRPS EN1993-2
λ_1	0.63	Tabela 9.3
λ_2	0.96	Tabela 9.5
λ_3	1.0	Tabela 9.6
λ_4	0.77	Tabela 9.7
	$\lambda = 0.467$	

Напомене/Notes:

- Процењене вредности протока робе на траси (саобраћајни институт ЦИП)/ Forecasted values of goods flow:

Table 8.1.5. Forecasted goods flows

Year	Railway line section	Total	Domestic	Imports	Exports	Transit
		[t]	[t]	[t]	[t]	[t]
2023	Novi Sad - Subotica	5,695,034	413,294	1,577,632	768,984	2,935,124
	Subotica - Subotica border	5,281,740	0	1,577,632	768,984	2,935,124
2025	Novi Sad - Subotica	6,181,156	455,657	1,673,710	815,815	3,235,975
	Subotica - Subotica border	5,725,500	0	1,673,710	815,815	3,235,975
2030	Novi Sad - Subotica	7,597,603	581,546	1,940,288	945,753	4,130,015
	Subotica - Subotica border	7,016,057	0	1,940,288	945,753	4,130,015
2040	Novi Sad - Subotica	9,334,083	781,549	2,365,200	1,152,868	5,034,465
	Subotica - Subotica border	8,552,534	0	2,365,200	1,152,868	5,034,465
2050	Novi Sad - Subotica	11,378,195	952,704	2,883,166	1,405,340	6,136,985
	Subotica - Subotica border	10,425,491	0	2,883,166	1,405,340	6,136,985

За одређивање фактора λ_2, усвојена је вредност од 20,000,000.00t/год./ For λ_2 factor, value 20,000,000.00t/year is adopted.

- Пројектни век конструкције/ Design life: 100 година ⟶ λ_3 =1.0
- $\sigma_1 / \sigma_{1+2} = 0.56 - 0.73$ За прорачун је усвојена вредност/ adopted 0.7 ⟶ λ_4 =0.77

6.3 Провера елемената/ Element checks

Услов/ Condition:

$$\gamma_{Ff} \, \Delta\sigma_{E2} \le \frac{\Delta\sigma_c}{\gamma_{Mf}}$$

$$\Delta\sigma_p = | \sigma_{p,max} - \sigma_{p,min} |$$

$$\Delta\sigma_{E,2} = \lambda \Phi_2 \Delta\sigma_p$$

$\gamma_{Ff} = 1.0$, $\gamma_{Mf} = 1.35$

$\Phi_2 = 1.011$ - за главни носач/ for main girder

6.3.1 Доњи појас/ Bottom chord

Утицаји од LM71 на оба колосека без коефицијента α/ Section forces due to LM71 without α

	Nmax	M3	T2	M2	T3	M1
U1.1	1536.6	-186.2	-461.79	259.6	-2.7	-49.3
U1.2	1536.6	1421.7	-12.57	117.6	0.3	82.6
U2.1	3929.4	-893.4	-562.1	90.9	3.2	537.1
U2.2	3929.4	1371.5	-128.1	74.5	4.6	465.3
U3.1	5086.4	-598.1	-611.3	80.3	6.3	461.1
U3.2	5086.4	1741.4	-143.5	87.2	5.4	95.4
U3.3	5086.4	-353.6	-520.8	97.7	5.4	70.6

	σy,sup	σy,inf	τ
U1.1	2.47	1.34	1.23
U1.2	-2.35	6.24	0.27
U2.1	7.57	2.17	2.87
U2.2	0.78	9.06	1.64
U3.1	6.28	3.50	2.05
U3.2	0.82	8.91	0.45
U3.3	5.71	4.06	1.06

				(A)			(B)		
	ΔσLM71=Δσp	λ	ϕ2	ΔσE2	Δσc,min	γMf	Δσc,min/γMf	(A)/(B)	
U1.1	2.47	0.467	1.006	1.16	7.1	1.35	5.26	0.22	OK
U1.2	6.24	0.467	1.006	2.93	7.1	1.35	5.26	0.56	OK
U2.1	7.57	0.467	1.006	3.56	7.1	1.35	5.26	0.68	OK
U2.2	9.06	0.467	1.006	4.26	7.1	1.35	5.26	0.81	OK
U3.1	6.28	0.467	1.006	2.95	7.1	1.35	5.26	0.56	OK
U3.2	8.91	0.467	1.006	4.19	7.1	1.35	5.26	0.80	OK
U3.3	5.71	0.467	1.006	2.68	7.1	1.35	5.26	0.51	OK

6.3.2 Горњи појас/ Top chord

Утицаји од LM71 на оба колосека без коефицијента α/ Section forces due to LM71 without α

	Nmin	M3	T2	M2	T3
O1.1	-3058.7	-99.3	-16.8	298.8	-46.9
O1.2	-3058.7	24.32	-16.8	-3.7	-16.7
O2.1	-4767	143.4	-11.3	-93.5	18
O2.2	-4767	121.8	-11.3	-3.6	-24.9
O3.1	-5336	173.5	-6.3	-140.1	21.9
O3.2	-5336	157.5	-6.3	-3.9	-22.1

	σy,sup	σy,inf	τZ	τy
O1.1	-5.21	-6.36	-0.05	-0.12
O1.2	-4.20	-3.91	-0.05	-0.04
O2.1	-6.43	-5.06	-0.03	0.03
O2.2	-5.91	-4.75	-0.03	-0.05
O3.1	-6.62	-5.13	-0.01	0.04
O3.2	-5.98	-4.64	-0.01	-0.04

				(A)			(B)		
	ΔσLM71=Δσp	λ	ϕ2	ΔσE2	Δσc,min	γMf	Δσc,min/γMf	(A)/(B)	
O1.1	6.36	0.467	1.006	2.99	7.1	1.35	5.26	0.57	OK
O1.2	4.20	0.467	1.006	1.97	7.1	1.35	5.26	0.37	OK
O2.1	6.43	0.467	1.006	3.02	7.1	1.35	5.26	0.57	OK
O2.2	5.91	0.467	1.006	2.78	7.1	1.35	5.26	0.53	OK
O3.1	6.62	0.467	1.006	3.11	7.1	1.35	5.26	0.59	OK
O3.2	5.98	0.467	1.006	2.81	7.1	1.35	5.26	0.53	OK

6.3.3 Дијагонале/ Diagonals

Утицаји од LM71 на оба колосека без коефицијента α/ Section forces due to LM71 without α

	Nmax	Nmin	M3	T2	M2	T3
D1	0	-2979.7	184.4	27.5	-549.6	93.7
D2	2944.3	0	-74	9.5	-79.3	0
D3	249	-1924.3	83.4	10.9	-39.3	0
D4	1928.3	-231.8	-44.8	7	-27.9	0
D5	588.5	-1107	27.8	3.6	-28.5	0
D6	1114.2	-483.5	-9.9	2.4	-30.3	0

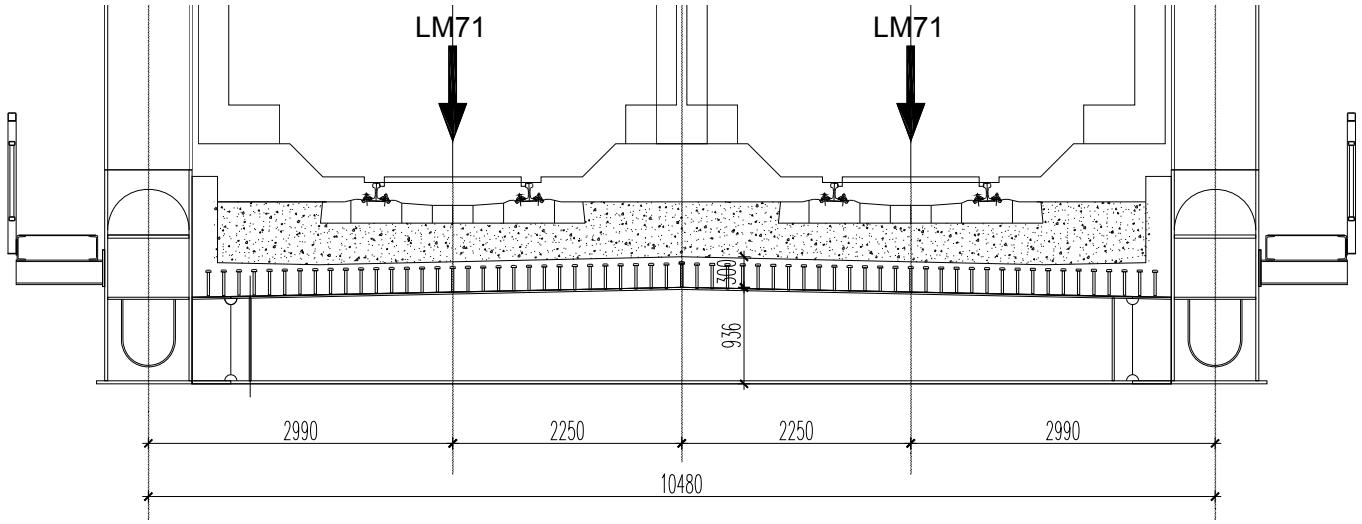
	σymax	σymin	ΔσLM71=Δσp
D1	0.00	-7.33	7.33
D2	7.40	0.00	7.40
D3	2.38	-5.48	7.86
D4	8.16	-3.17	11.33
D5	3.38	-4.91	8.29
D6	4.06	-2.21	6.27

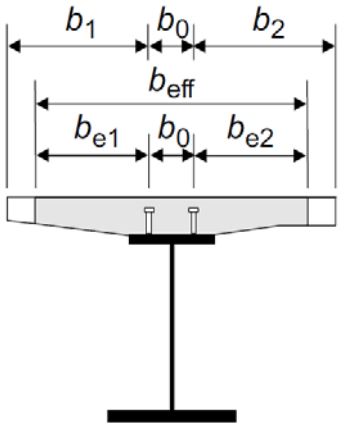
				(A)			(B)		
	ΔσLM71=Δσp	λ	ϕ2	ΔσE2	Δσc,min	γMf	Δσc,min/γMf	(A)/(B)	
D1	7.33	0.467	1.006	3.45	7.1	1.35	5.26	0.66	OK
D2	7.40	0.467	1.006	3.47	7.1	1.35	5.26	0.66	OK
D3	7.86	0.467	1.006	3.69	7.1	1.35	5.26	0.70	OK
D4	11.33	0.467	1.006	5.33	7.1	1.35	5.26	1.01	OK
D5	8.29	0.467	1.006	3.90	7.1	1.35	5.26	0.74	OK
D6	6.27	0.467	1.006	2.94	7.1	1.35	5.26	0.56	OK

7. ПОПРЕЧНИ НОСАЧИ/ CROSS BEAMS

7.1 Средњи попречни носачи/ Middle cross girders

7.1.1 Геометријске карактеристике пресека/ Section properties





$b_{eff} = b_0 + \sum b_{ei}$

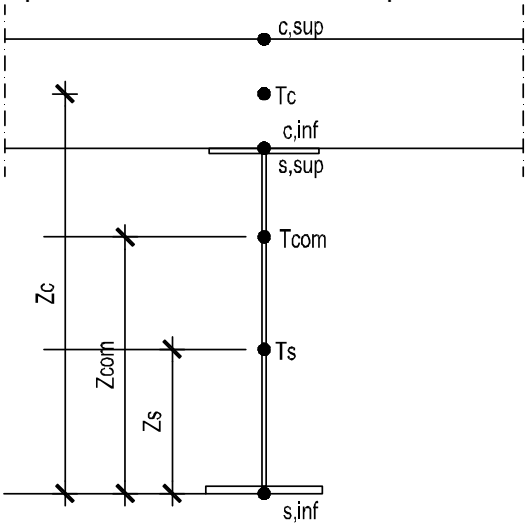
$b_{e1} = b_{e2} = L/8 = 10.48/8 = 1.31m$

$b_{e1} = b_{e2} = L/8 = 10.48/8 = 1.31m$

$b_0 = 20cm$

Усвојено: $b_{eff} = 280cm$

Пресек у средини – спрегнути пресек/ Middle section - composite section



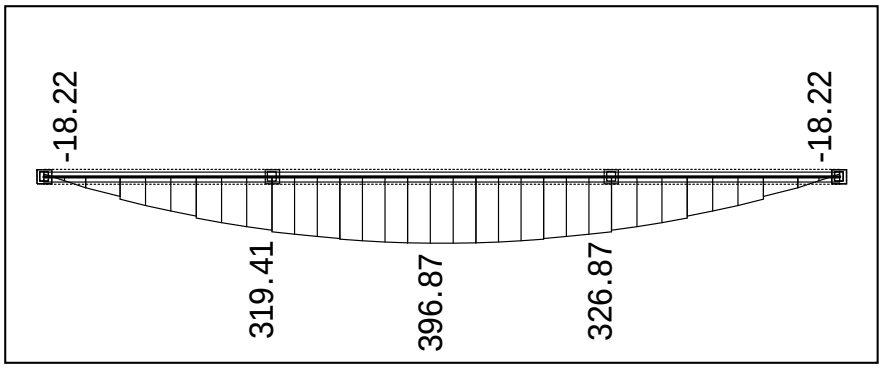
	Čelik						Beton				
	donja flansa		rebro		gornja flansa						
	t	b	t	h	t	b	h	b	Ečb	Eb	n
Stalno	3.5	32	1.5	88.5	1.5	30	0	0	21000	0	0
skuplanje t0	3.5	32	1.5	88.5	1.5	30	30	250	21000	3400	6.176471
dodatno stalno sa tecenjem	3.5	32	1.5	88.5	1.5	30	30	250	21000	1366.3	15.36998
korisno	3.5	32	1.5	88.5	1.5	30	30	250	21000	3400	6.176471
skupljanje tn	3.5	32	1.5	88.5	1.5	30	30	250	21000	1369	15.33966

	Čelik							Beton		
	zs	As	Is	y2	y3	W2	W3	zc	Ac	Ic
Stalno	36.95794	289.75	381137.3	-56.5421	36.95794	-6740.77	10312.73	/	/	/
skuplanje t0	36.95794	289.75	381137.3	-56.5421	36.95794	-6740.77	10312.73	108.5	7500	562500
dodatno stalno sa tecenjem	36.95794	289.75	381137.3	-56.5421	36.95794	-6740.77	10312.73	108.5	7500	562500
korisno	36.95794	289.75	381137.3	-56.5421	36.95794	-6740.77	10312.73	108.5	7500	562500
skupljanje tn	36.95794	289.75	381137.3	-56.5421	36.95794	-6740.77	10312.73	108.5	7500	562500

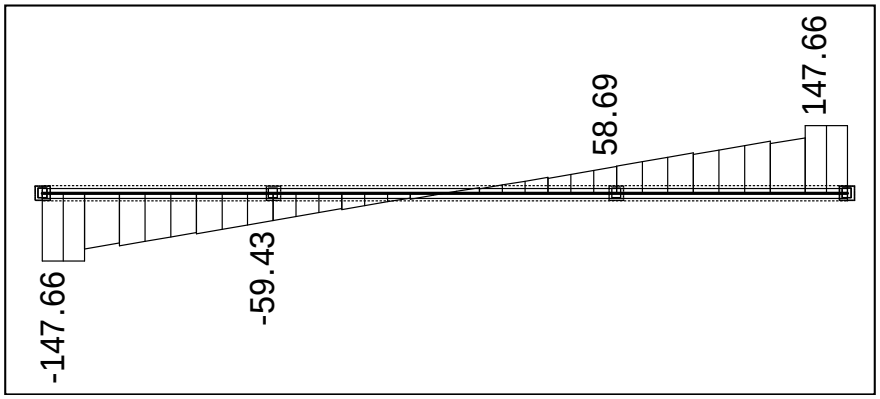
	Spregnuti presek								
	zco	Aso	Ico	y1	y2	y3	W1	W2	W3
Stalno	/	/	/	/	/	/	/	/	/
skuplanje t0	94.71754	1504.0357	1669525.5	-28.7825	1.21754	94.71754	-58005	1371228.801	17626.36
dodatno stalno sa tecenjem	81.84585	777.71429	1348230.2	-41.6541	-11.6541	81.84585	-32367.2	-115686.7095	16472.8
korisno	94.71754	1504.0357	1669525.5	-28.7825	1.21754	94.71754	-58005	1371228.801	17626.36
skupljanje tn	81.87886	778.67857	1348986.7	-41.6211	-11.6211	81.87886	-32411.1	-116080.3946	16475.4

7.1.2 Статички утицаји/ Section forces

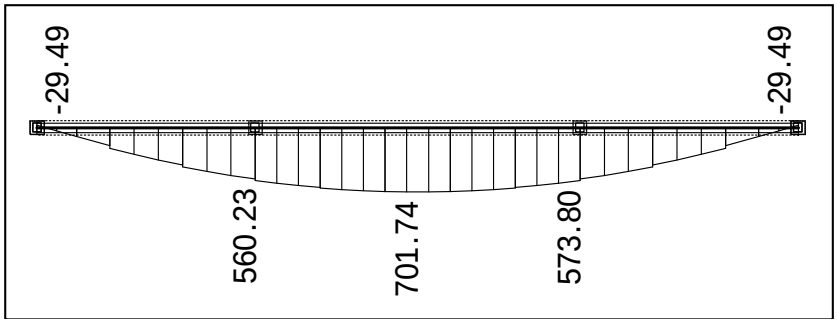
M3, Оптерећење/Load: $G_{к,1}$ – карактеристичне вредности / characteristic values



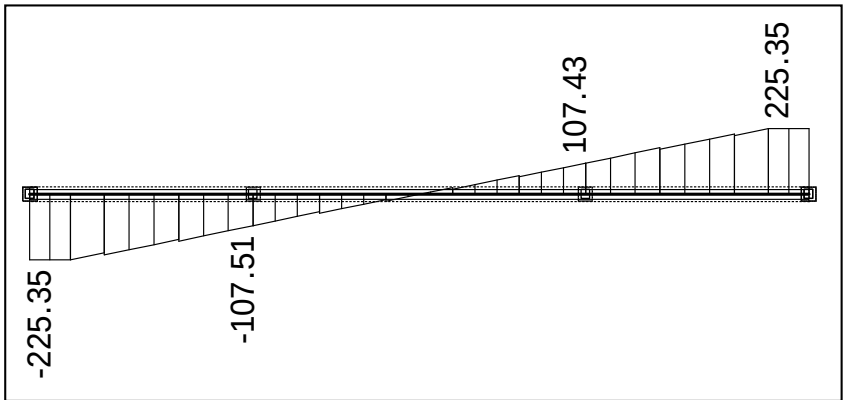
T2, Оптерећење/Load: $G_{к,1}$ – карактеристичне вредности / characteristic values



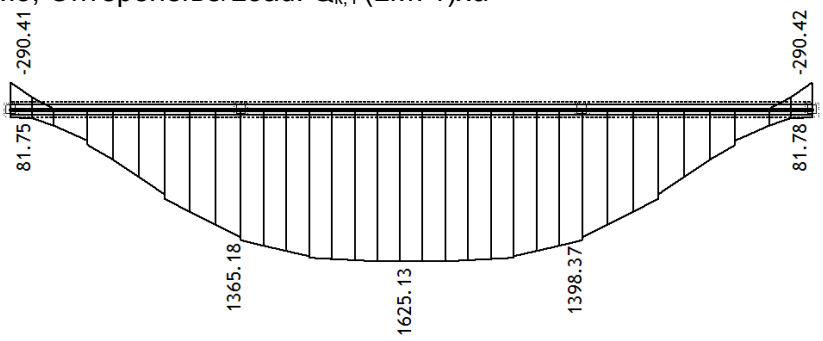
M3, Оптерећење/Load: $G_{к,2}$ – карактеристичне вредности / characteristic values



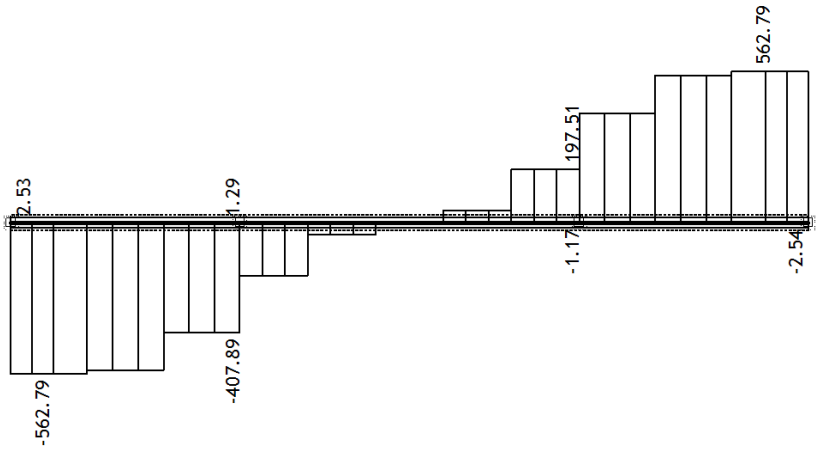
T2, Оптерећење/Load: $G_{к,2}$ – карактеристичне вредности / characteristic values



M3, Оптерећење/Load: $Q_{к,1}$ (LM71)xα



T2, Оптерећење/Load: $Q_{к,1}$ (LM71)xα



7.1.3 Контрола напона (ULS)/ Stresses (ULS)

Спрегнути пресек/ Composite section

	M3	N	Φ3	σ1	σ2c	σ2s	σ3	
Stalno	397.0	0	/			-5.890	3.850	Stalno
skuplanje t0	597.5	-4335	/	-0.055	0.118	-2.839	0.507	skuplanje t0
dodatno stalno sa tecenjem	701.4	0	/	-0.141	-0.039	-0.606	4.258	dodatno stalno sa tecenjem
korisno	1625.1	0	1.223	-0.555	0.023	0.145	11.276	korisno x dinamicki koeficijent
skupljanje tn	656.0	-2464.2	/	-0.010	0.085	-3.730	0.817	skupljanje tn
				-1.008	**0.096**	**-13.594**	**28.398**	**1.35x(stalno+dod.stalno+skupljanje) +1.45xkorisno**
				OK	OK	fy=33.5	fy=33.5	
				OK	OK	OK	OK	

7.1.4 Можданици/ Studs

Усвојени су можданици типа чеп са главом/Headed studs: ISO13918:2007–SD1–22x200-B
По два можданика у реду на растојању e15cm./ Two studs in line with e=15cm spacing.

$$P_{rk}^{(1)} = 0.8 f_u \frac{\pi d^2}{4} = 0.8 \cdot 45 \cdot \frac{\pi \cdot 2.2^2}{4} = 136.8kN$$

$$P_{rk}^{(2)} = 0.29 \cdot \alpha \cdot d^2 \cdot \sqrt{f_{ck} E_{cm}} = 0.29 \cdot 1.0 \cdot 2.2^2 \cdot \sqrt{3.5 \cdot 3400} = 153kN$$

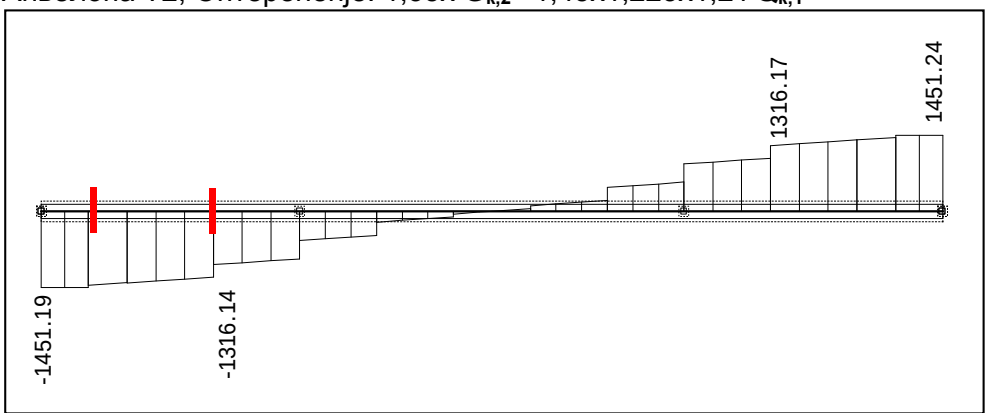
$$P_{rk} = \left[\min P_{rk}^{(1)}, P_{rk}^{(2)} \right] = 0.8 f_u \frac{\pi d^2}{4} = 136.8kN$$

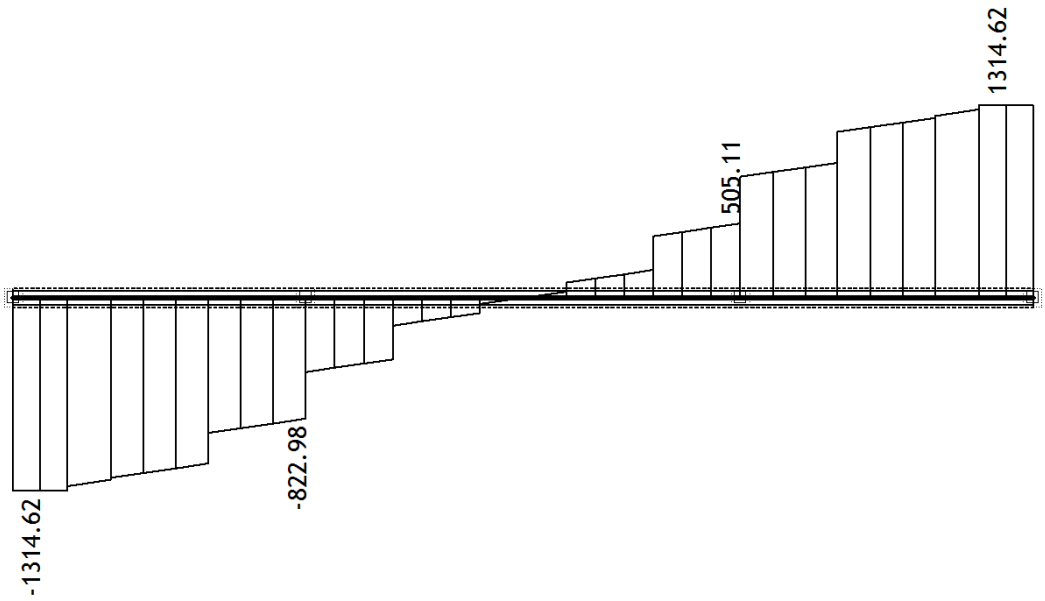
$$P_{rd}^{ULS} = 0.8 \cdot P_{rk} = 109.4kN$$

$$P_{rd}^{SLS} = 0.75 \cdot P_{rd} = 0.75 \cdot 109.4 = 82.05kN$$

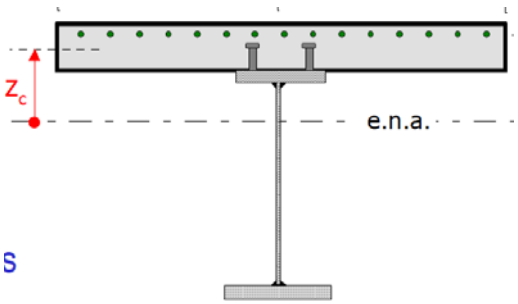
<u>Провера код граничних стања носивости (ULS)/ Ultimate limit state checks (ULS):</u>

Анвелопа Т2, Оптерећење: 1,35x $G_{к,2}$ +1,45x1,223x1,21 $Q_{к,1}$





Услови код ULS/ ULS conditions:



(1) $v_{L,Ed}(x) \le 1.1\frac{N_i}{l_i}\cdot \mathrm{P}_{rd}$

(2) $\int_0^{li} v_{L,Ed}(x)dx \le N_i \cdot \mathrm{P}_{rd}$

$N_i = 2$-број можданика у реду/ studs in the line

$$v^1_{L,Ed} = V_{Ed}\cdot\frac{A_c Z_c}{I_{com}} = 1451.2\cdot\frac{7500\cdot 13.8}{6.17\cdot 1669525} = 14.58kN/cm$$

$$v^2_{L,Ed} = V_{Ed}\cdot\frac{A_c Z_c}{I_{com}} = 1316.1\cdot\frac{7500\cdot 13.8}{6.17\cdot 1669525} = 13.22kN/cm$$

$$e_{d,\min} = \frac{1.1\cdot N_i\cdot \mathrm{P}_{rd}}{v_{L,Ed}} = \frac{1.1\cdot 2\cdot 109.4}{14.58} = 16.51cm > 15cm \Rightarrow OK$$

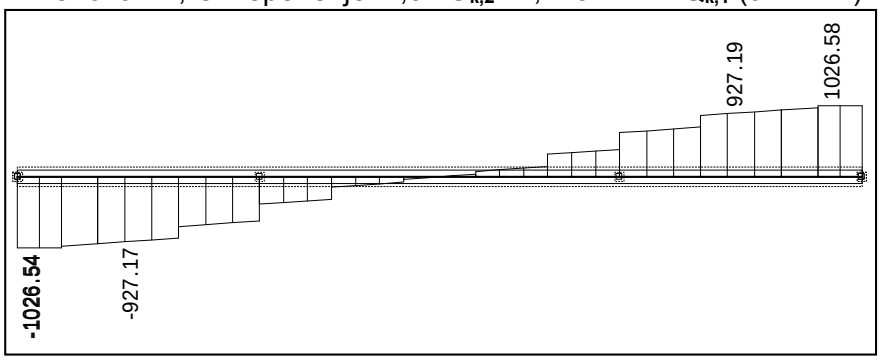
Из услова 2/ Condition 2:

$$\int_0^{2.65} v_{L,Ed}(x)dx = \frac{14.58+13.22}{2}\cdot 100 = 1390kN$$

$$e_{d,\min} = \frac{2\cdot 109.4\cdot 100}{1390} = 15.74cm > 15cm \Rightarrow OK$$

Провера код Граничних стања употребљивости (SLS)/ Servicability limit state checks (SLS):

Анвелопа Т2, Оптерећење: 1,0x $\mathbf{G_{к,2}}$ +1,223x1.21x $\mathbf{Q_{к,1}}$ (αxLM71)



Услови код SLS/ SLS conditions:

$$v_{L,Ed}(x) \le \frac{N_i}{l_i} \cdot \mathrm{P}_{rd}$$

$$v_{L,Ed} = V_{Ed} \cdot \frac{A_c Z_c}{I_{com}} = 1026.6 \cdot \frac{7500 \cdot 13.8}{6.17 \cdot 1669525} = 10.31 kN/cm$$

$$e_{d,\min} = \frac{2 \cdot 82.05}{10.31} = 15.91 cm > 15 cm \Rightarrow OK$$

Провера за утицаје скупљања/ Shrinkage loads control:

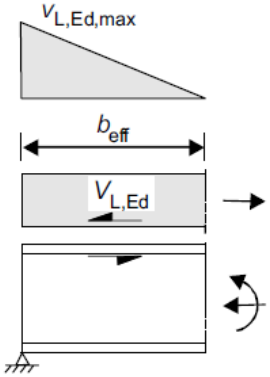
Усвојена троугаона прерасподела утицаја на дужини b_{ef}=2.5м

$$\sigma_c^{Shr} = \frac{0.118 - 0.055}{2} = 0.032 kN/cm^2$$

$$V_{L,Ed}^{Shr} = 0.032 \cdot 7000 = 224 kN$$

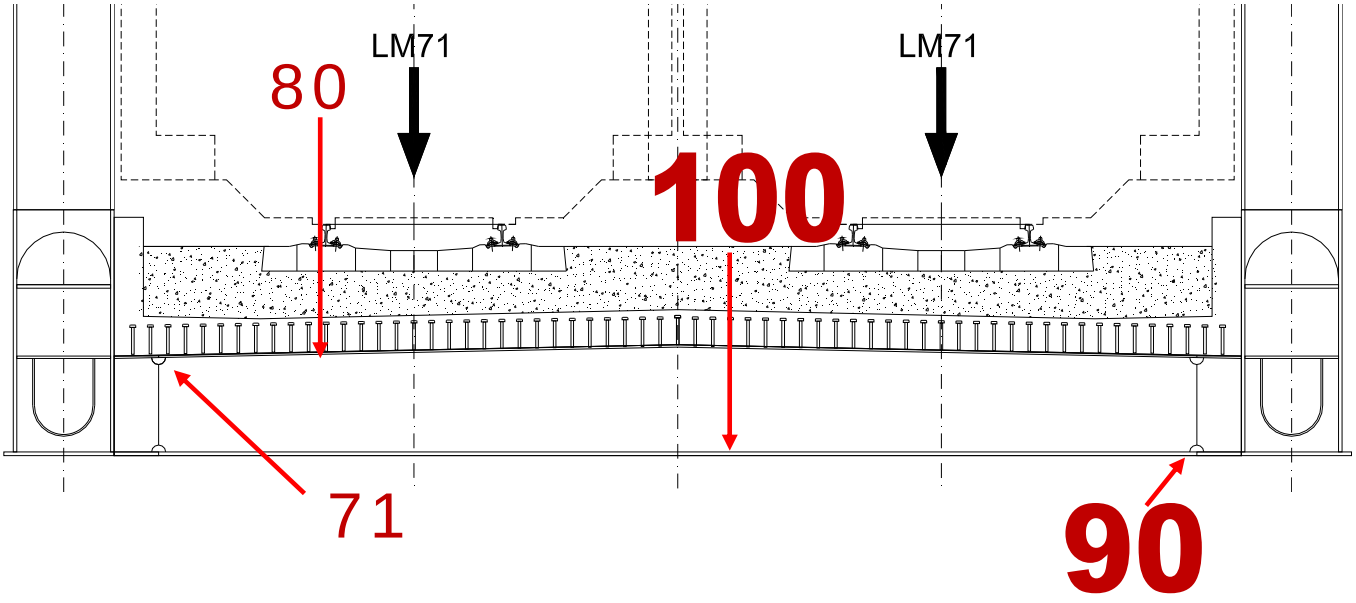
$$v_{L,Ed}^{Shr} = \frac{V_{L,Ed}^{Shr}}{b_{ef}} = \frac{2 \cdot 224}{2.5} = 179.2 kN/m$$

$$e_{d,\min} = \frac{2 \cdot 109.4}{179.2} = 1.22 m = 122 cm > 15 cm \Rightarrow OK$$



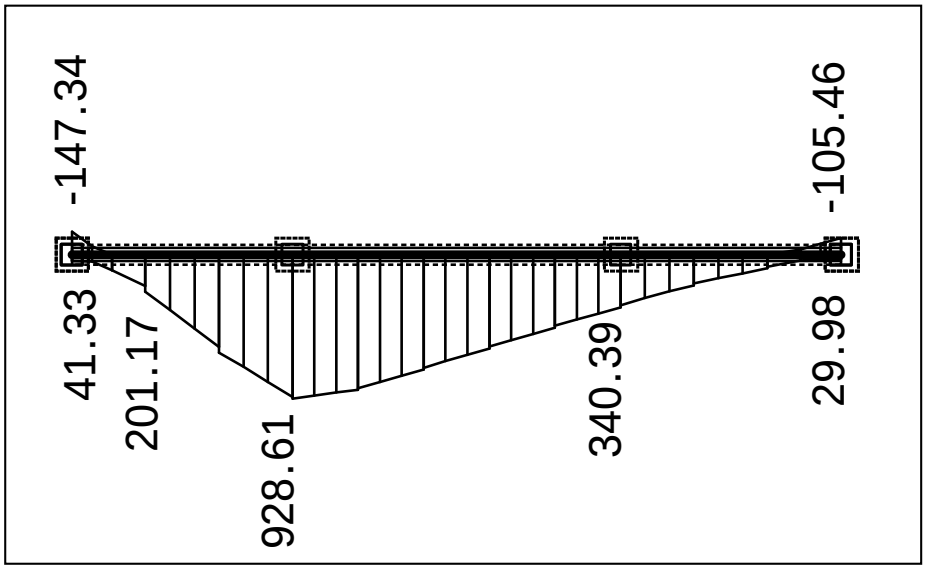
7.1.5 Замор/ Fatigue

Преглед кључних детаља за прорачун замора према:/ Detail categories overview acc to:
SRPS EN1993-1:2005+C:2005, 2006, 2009

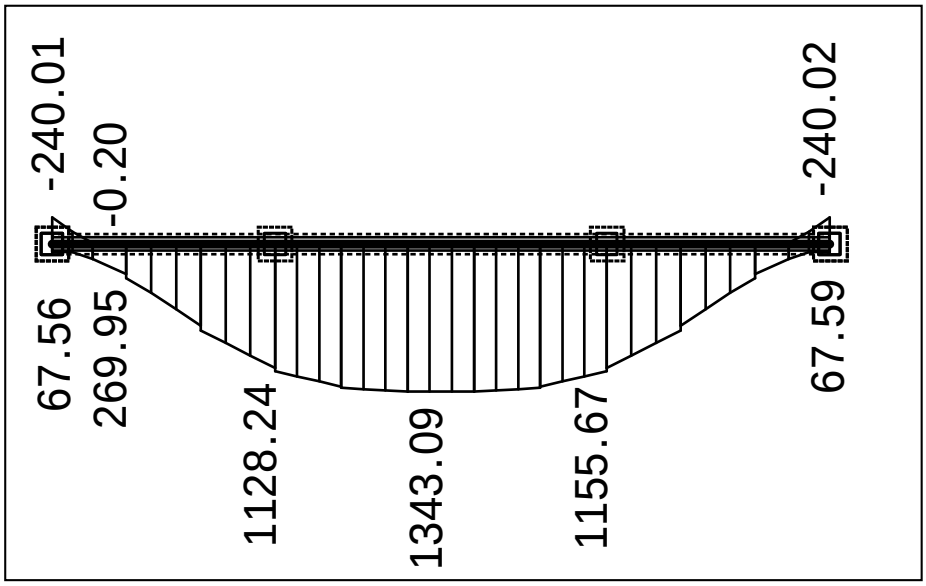


Сучеони спојеви лимова/ Plate but welds	90	size effect for t>25mm: $k_s=(25/t)^{0,2}$	5) Transverse splices in plates or flats. 6) Full cross-section butt welds of rolled sections without cope holes. 7) Transverse splices in plates or flats tapered in width or in thickness with a slope ≤ ¼. Translation of welds to be machined notch free.	- The height of the weld convexity to be not greater than 10% of the weld width, with smooth transition to the plate surface. - Weld run-on and run-off pieces to be used and subsequently removed, plate edges to be ground flush in direction of stress. - Welded from both sides; checked by NDT. Details 5 and 7: Welds made in flat position.
Подужни угаони шавови/ Longitudinal fillet welds	100		5) Manual fillet or butt weld. 6) Manual or automatic or fully mechanized butt welds carried out from one side only, particularly for box girders	5), 6) A very good fit between the flange and web plates is essential. The web edge to be prepared such that the root face is adequate for the achievement of regular root penetration without break-out.
Олкери на монтажним наставцима/ Cap holes	71		9) Longitudinal butt weld, fillet weld or intermittent weld with a cope hole height not greater than 60 mm. For cope holes with a height > 60 mm see detail 1) in Table 8.4	9) Δσ based on direct stress in flange.
Можданици типа чеп са главом/ Studs	80		9) The effect of welded shear studs on base material.	

M3, Оптерећење LM71 на једном колосеку – карактеристичне вредности/
M3, Load LM71 on one track – characteristic values



M3, Оптерећење LM71 на оба колосека – карактеристичне вредности
M3, Load LM71 on two tracks – characteristic values



λ коефицијент/ λ factor SRPS EN1993-2:2006+C:2009

$\lambda = \lambda_1 \cdot \lambda_2 \cdot \lambda_3 \cdot \lambda_4, \quad \lambda \le \lambda_{max} = 1.40$

	Крај носача λа/ End of beam	Средина носача λб Middle of beam	Коментар Comment
λ_1	0.85	0.85	Табела 9.3
λ_2	0.96	0.96	Табела 9.5
λ_3	1.0	1.0	Табела 9.6
λ_4	0.73	0.82	Табела 9.7
	$\lambda_a = 0.595$	$\lambda_b = 0.670$	

За даљи прорачун усвојено $\lambda = 0.67$ за цео попречни носач./ For further analysis value $\lambda = 0.67$ is adopted.

Услов/ Condition:

$$\gamma_{Ff}\ \Delta\sigma_{E2} \le \frac{\Delta\sigma_c}{\gamma_{Mf}}$$

$$\Delta\sigma_p = |\ \sigma_{p,max} - \ \sigma_{p,min}\ |$$

$$\Delta\sigma_{E,2} = \lambda \Phi_2 \Delta\sigma_p$$

$$\gamma_{Ff} = 1.0\ ,\ \gamma_{Mf} = 1.35$$

M3	N	Φ2		σ1	σ2c	σ2s	σ3	
1343.0	0	1.149		-0.431	0.018	0.113	8.755	korisno x dinamicki koeficijent

Пресек у средини/ Middle section

Горња фланша/ Top flange

$$\Delta\sigma_p = 0.113 kN/cm^2$$

$$\Delta\sigma_{E,2} = 0.67 \cdot 0.113 = 0.0757 kN/cm^2$$

$$\Delta\sigma_{E,2} = 0.0757 < \frac{8.0}{1.35} = 5.93 \Rightarrow OK$$

Доња фланша/ Bottom flange

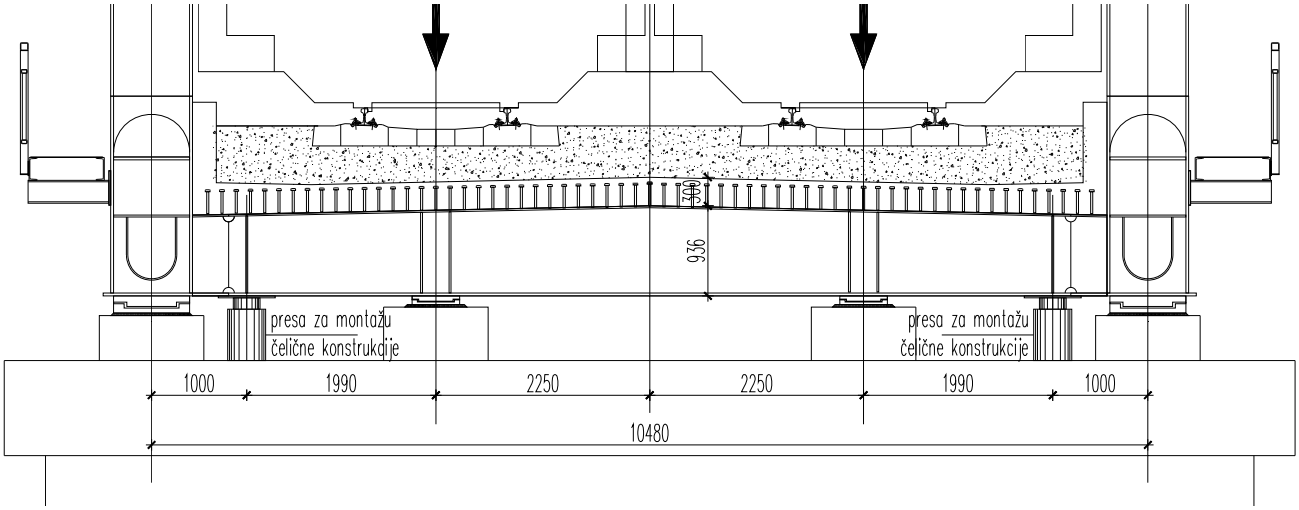
$$\Delta\sigma_p = 8.755 kN/cm^2$$

$$\Delta\sigma_{E,2} = 0.67 \cdot 8.755 = 5.86 kN/cm^2$$

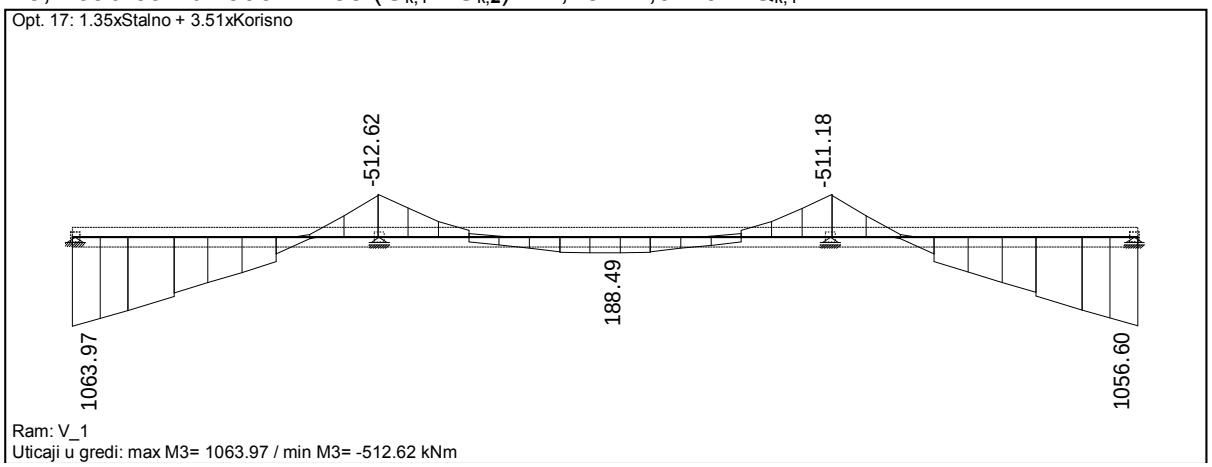
$$\Delta\sigma_{E,2} = 5.86 < \frac{10.0}{1.35} = 7.41 \Rightarrow OK$$

7.2 Крајњи попречни носачи/ End cross beams

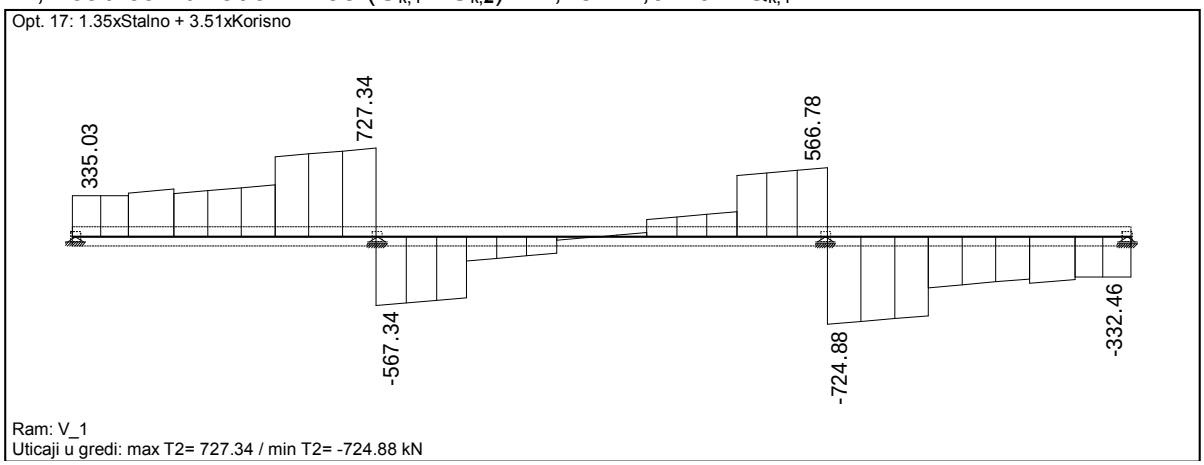
7.2.1 Гранична стања носивости (ULS)/ Ultimate limit states (ULS)



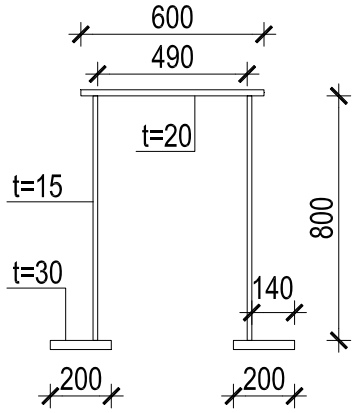
M3, Комбинација оптерећења: 1.35 ($G_{к,1}$+ $G_{к,2}$) + 1,45 x 2,0 x α x $Q_{к,1}$
M3, Load combination: 1.35 ($G_{к,1}$+ $G_{к,2}$) + 1,45 x 2,0 x α x $Q_{к,1}$



T2, Комбинација оптерећења: 1.35 ($G_{к,1}$+ $G_{к,2}$) + 1,45 x 2,0 x α x $Q_{к,1}$
T2, Load combination: 1.35 ($G_{к,1}$+ $G_{к,2}$) + 1,45 x 2,0 x α x $Q_{к,1}$



Класификација попречног пресека/ Classification of cross sections:



Горња фланша/ Top flange:
c/t=490/20=24.5<33ε =26.73 ⇒ класа1/class1
Ребро/Web:
c/t=800/15=53.3<72ε= 58.3⇒ класа1/class1
Доња фланша/ Bottom flange:
c/t=14/3=4.7<9ε= 7,29 ⇒ класа1/class1

⇒ пресек класе 1 и код позитивног и код негативног момента савијања/ section is class 1, for positive and negative bending

$W_{pl} = 240 \cdot 30.58 + 240 \cdot 30.67 = 14700 cm^3$

$A_v = 2 \cdot 80 \cdot 1.5 = 240 cm^2$

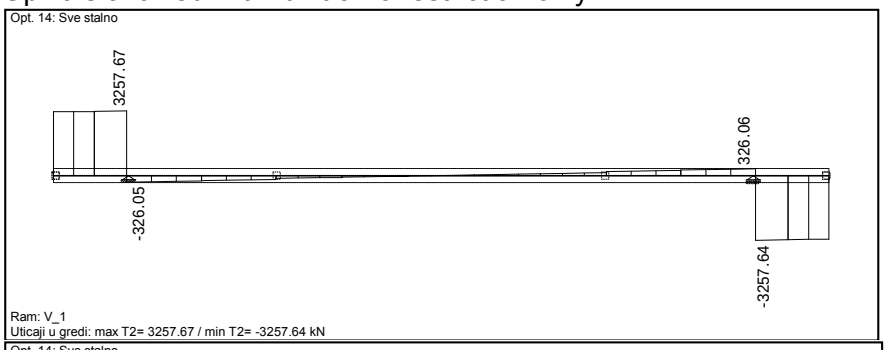
$$M_{c,Rd} = \frac{W_{pl} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{14700 \cdot 35.5}{1.0} = 521850 kNcm = 5218.50 kNm$$

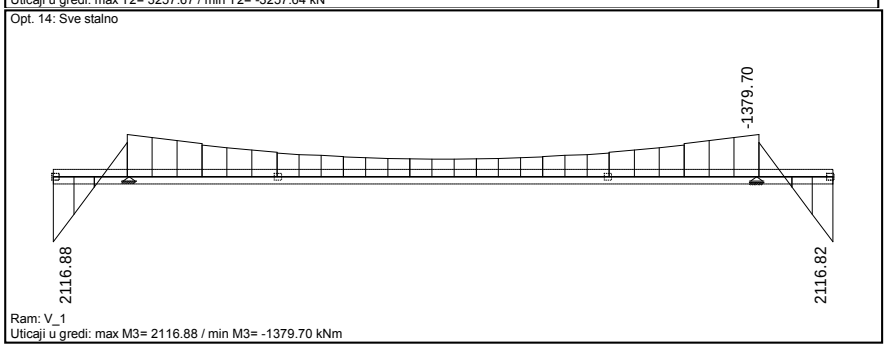
$$V_{c,Rd} = \frac{A_v (f_y / \sqrt{3})}{\gamma_{M0}} = \frac{240(35.5/\sqrt{3})}{1.0} = 4919 kN ,$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} = \frac{1056.6}{5218.5} = 0.202 < 1.0 \Rightarrow OK$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} = \frac{724.9}{4919} = 0.147 < 1.0 \Rightarrow OK$$

Провера попречног носача за код одизања конструкције за замену лежишта. Одизање са попречног носача дозвољено је само уз затвор саобраћаја. / Cross girder checks for bearing replacement uplift. Uplift is allowed with full traffic restriction only.

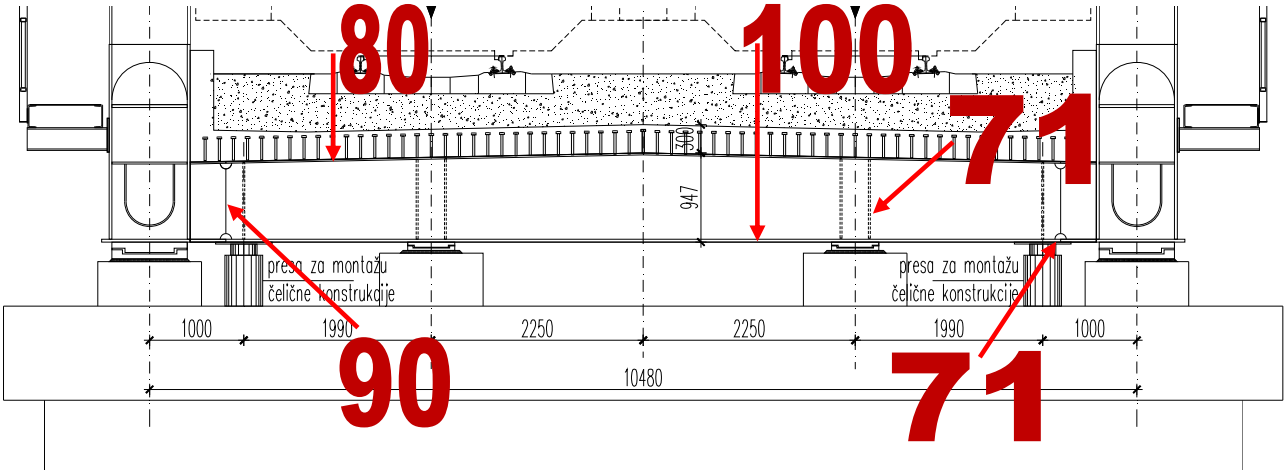


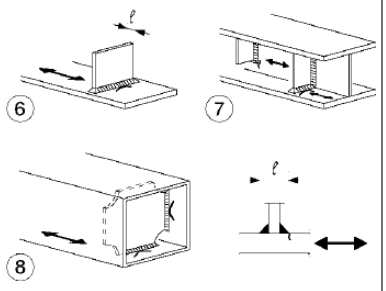
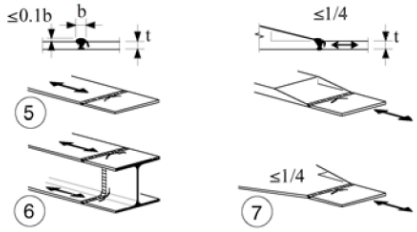
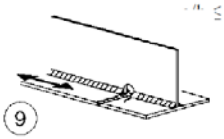
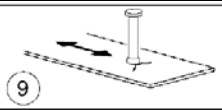


$$\frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} = \frac{1.35 \cdot 2116.8}{5218.50} = 0.548 < 1.0 \Rightarrow OK ,$$

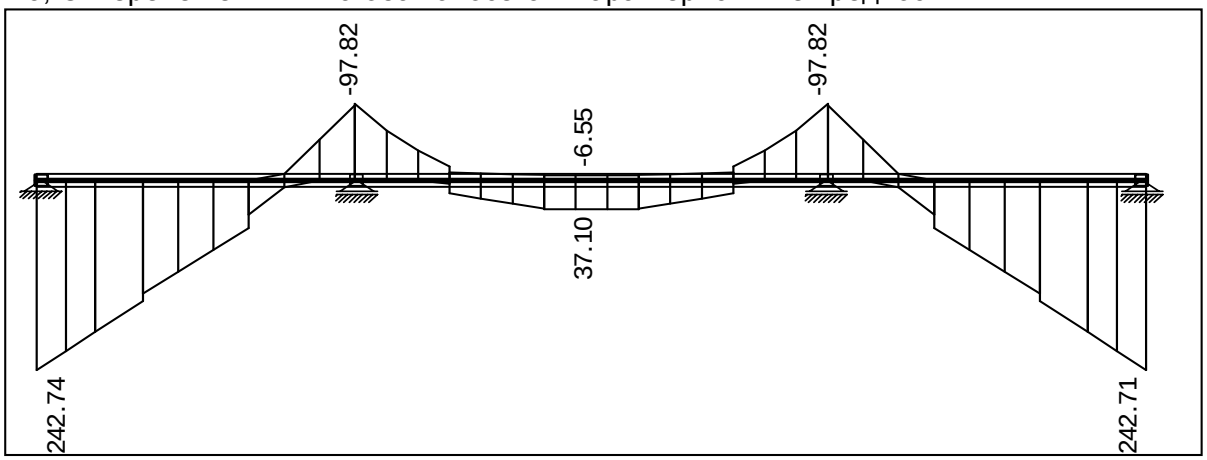
$$\frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} = \frac{1.35 \cdot 3257.7}{4919} = 0.894 < 1.0 \Rightarrow OK$$

7.2.2 Замор/ Fatigue

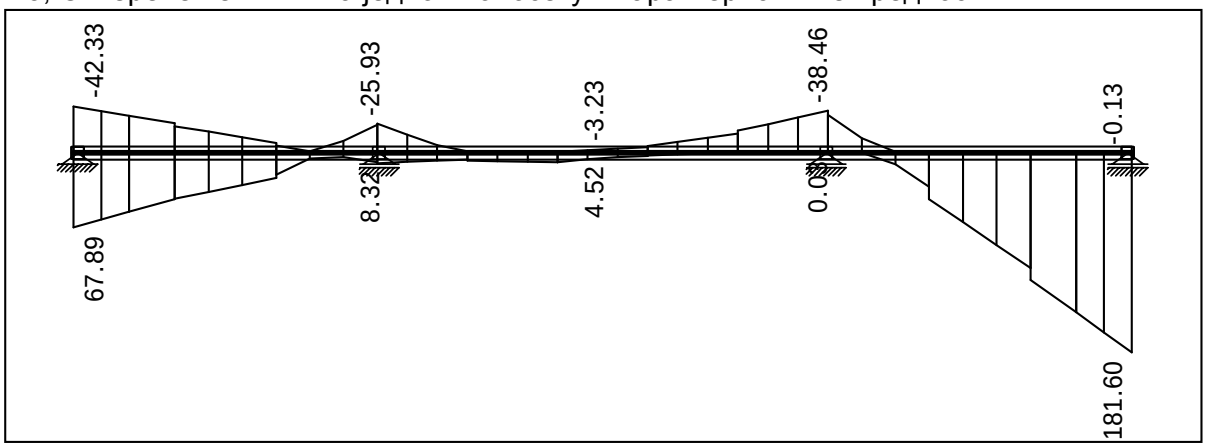


Попречно укрућење , Веза ребра попречног носача за главни Cross stiffener, connection between web of cross girder and main girder	80	ℓ≤50mm		Transverse attachments: 6) Welded to plate. 7) Vertical stiffeners welded to a beam or plate girder. 8) Diaphragm of box girders welded to the flange or the web. May not be possible for small hollow sections. The values are also valid for ring stiffeners.	Details 6) and 7): Ends of welds to be carefully ground to remove any undercut that may be present. 7) Δσ to be calculated using principal stresses if the stiffener terminates in the web, see left side.
	71	50<ℓ≤80mm			
Сучеони спојеви лимова/ Plate but welds	90	size effect for t>25mm: $k_s=(25/t)^{0,2}$		5) Transverse splices in plates or flats. 6) Full cross-section butt welds of rolled sections without cope holes. 7) Transverse splices in plates or flats tapered in width or in thickness with a slope ≤ ¼. Translation of welds to be machined notch free.	- The height of the weld convexity to be not greater than 10% of the weld width, with smooth transition to the plate surface. - Weld run-on and run-off pieces to be used and subsequently removed, plate edges to be ground flush in direction of stress. - Welded from both sides; checked by NDT. Details 5 and 7: Welds made in flat position.
Подужни угаони шавови/ Longitudinal fillet welds	100			5) Manual fillet or butt weld. 6) Manual or automatic or fully mechanized butt welds carried out from one side only, particularly for box girders	5), 6) A very good fit between the flange and web plates is essential. The web edge to be prepared such that the root face is adequate for the achievement of regular root penetration without break-out.
Олкери на монтажним наставцима/ Cap holes	71			9) Longitudinal butt weld, fillet weld or intermittent weld with a cope hole height not greater than 60 mm. For cope holes with a height > 60 mm see detail 1) in Table 8.4	9) Δσ based on direct stress in flange.
Мождани типа чеп са главом/ Studs	80			9) The effect of welded shear studs on base material.	

M3, Оптерећење LM71 на оба колосека – карактеристичне вредности



M3, Оптерећење LM71 на једном колосеку – карактеристичне вредности



λ коефицијент EH1993-2:2006+C:2009

$\lambda = \lambda_1 \cdot \lambda_2 \cdot \lambda_3 \cdot \lambda_4, \quad \lambda \le \lambda_{max} = 1.40$

	Крај носача λi	Коментар
λ_1	1.35	Табела 9.3
λ_2	1.0	Табела 9.5
λ_3	1.0	Табела 9.6
λ_4	0.81	Табела 9.7
	$\lambda_a = 1.094$	

Услов:

$\gamma_{Ff}\ \Delta\sigma_{E2} \le \frac{\Delta\sigma_c}{\gamma_{Mf}}$

$\Delta\sigma_p = |\ \sigma_{p,max} - \sigma_{p,min}\ |$

$\Delta\sigma_{E,2} = \lambda \Phi_2 \Delta\sigma_p$

$\gamma_{Ff} = 1.0,\ \gamma_{Mf} = 1.35$

<u>Веза попречног и главног носача</u>

$\Delta\sigma_p = \frac{242.71 \cdot 100}{12738} = 1.91$

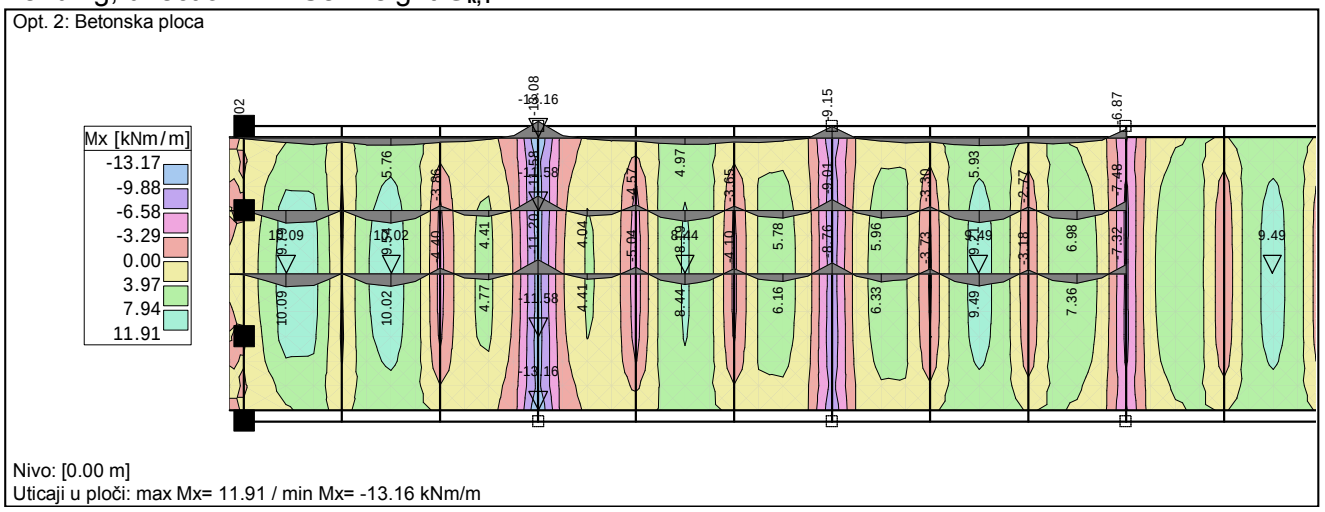
$\Delta\sigma_{E,2} = 1.094 \cdot 1.668 \cdot 1.91 = 3.50 kN/cm^2$

$\Delta\sigma_{E,2} = 3.50 < \frac{7.1}{1.35} = 5.26 \Rightarrow OK$

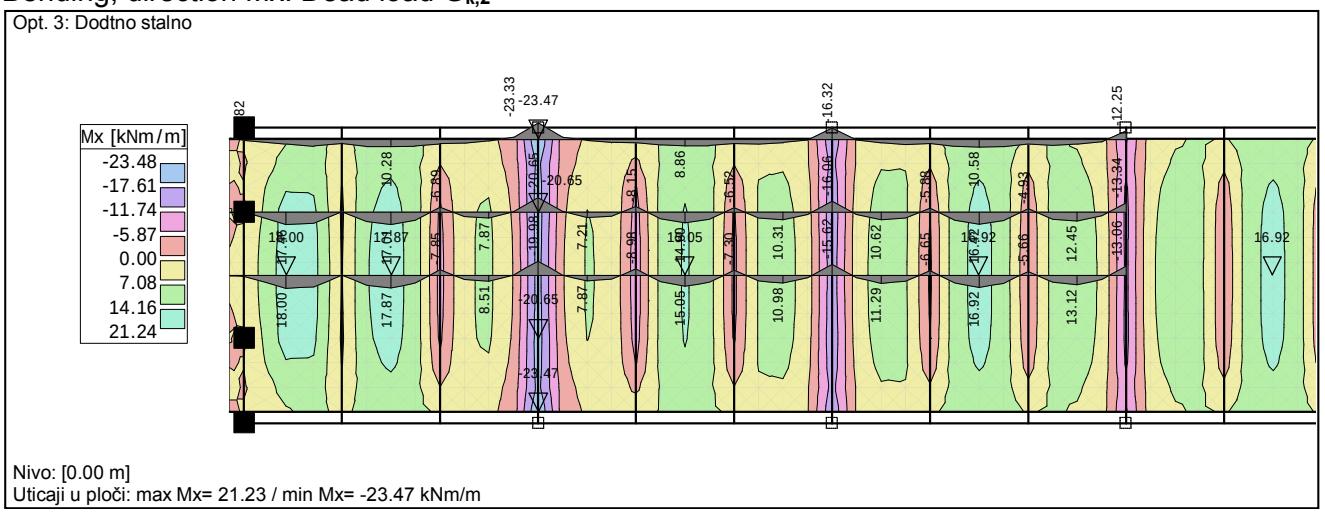
8. КОЛОВОЗНА ПЛОЧА/ DECK PLATE

8.1 Статички утицаји/ Section forces

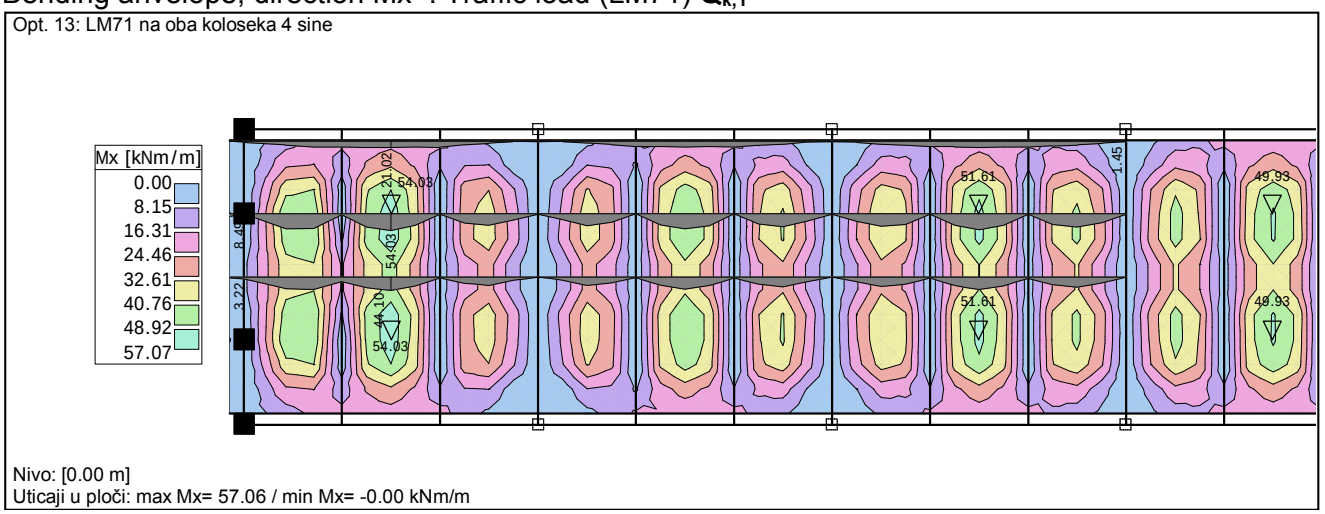
Савијање плоче, правац Mx: Стално оптерећење $\mathbf{G_{к,1}}$
Bending, direction Mx: Selfweight $\mathbf{G_{к,1}}$



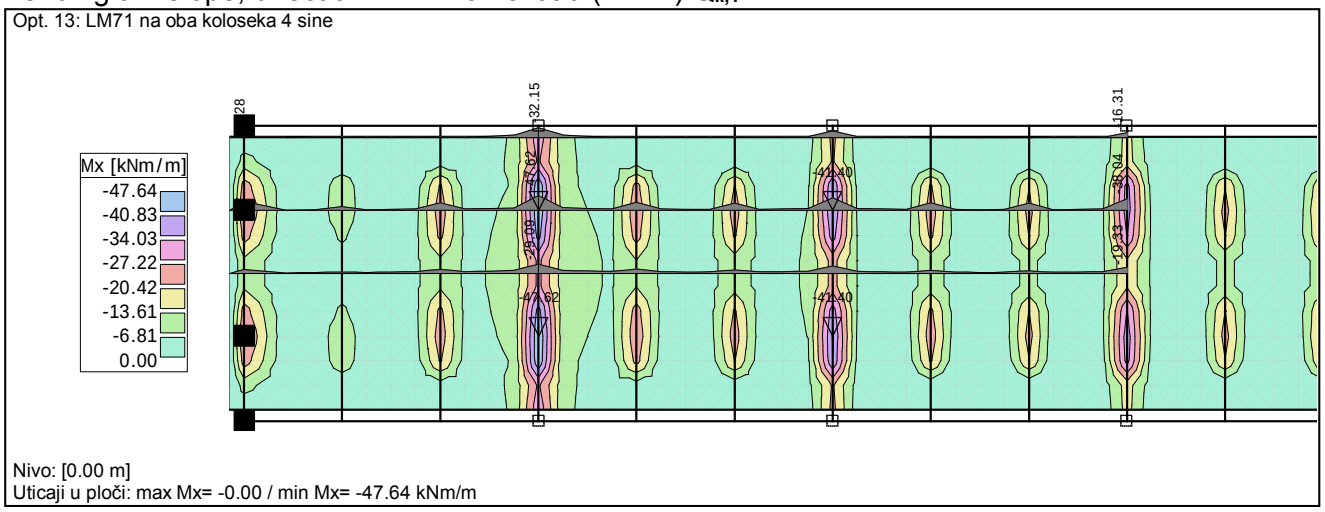
Савијање плоче, правац Mx: Додатно стално оптерећење $\mathbf{G_{к,2}}$
Bending, direction Mx: Dead load $\mathbf{G_{к,2}}$



Савијање плоче, правац анвелопа Mx+: Саобраћајно оптерећење (LM71) $\mathbf{Q_{к,1}}$
Bending anvelope, direction Mx+: Traffic load (LM71) $\mathbf{Q_{к,1}}$



Савијање плоче, правац анвелопа Mx-: Саобраћајно оптерећење (LM71) $\mathbf{Q_{к,1}}$
Bending anvelope, direction Mx-: Traffic load (LM71) $\mathbf{Q_{к,1}}$



Аксијално затезање коловозне плоче у подужном правцу од из глобалног система /Axial tension of deck plate in longitudinal direction from global analysis

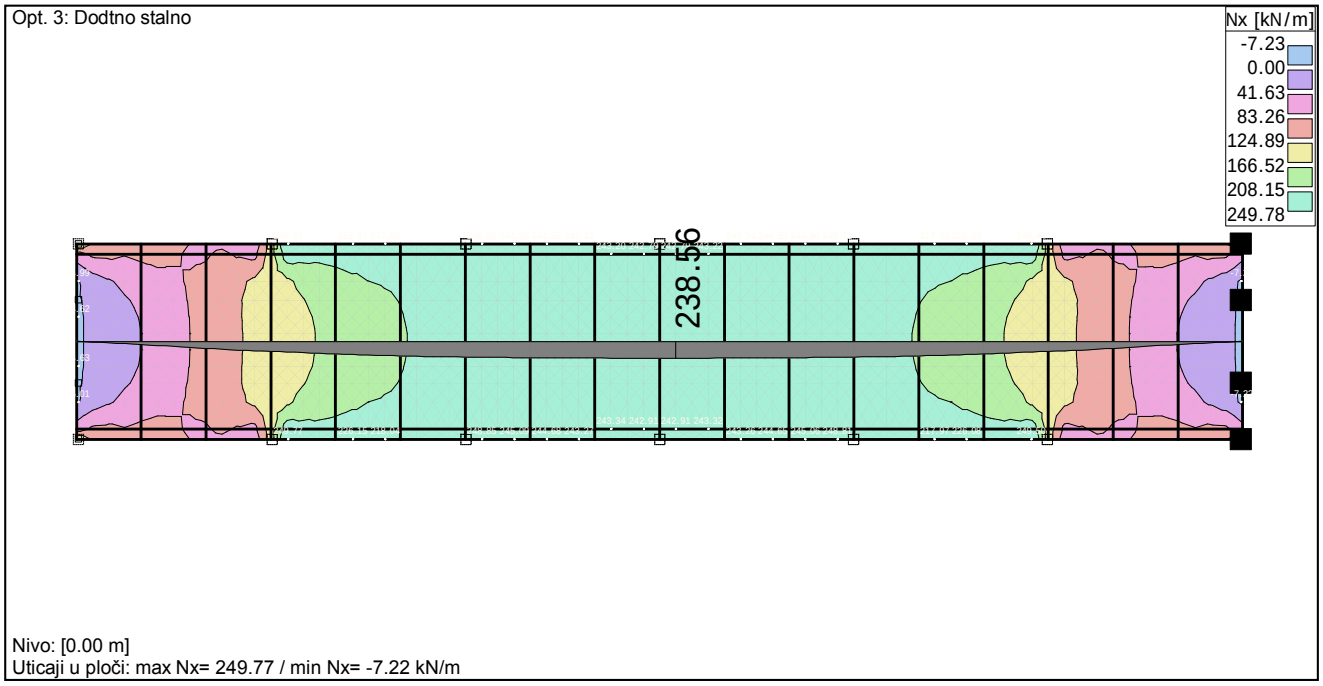
Крутост армирано бетонске плоче у подужном павцу биће одређена са ефективним модулом еластичности испрскалог бетона, као замењујућа крутост арматуре према EN1994-2:2005 5.4.28/ Stiffness of deck plate in longitudinal direction will be derived with effective section modul of cracked concrete acc to EN1994-2:2005 5.4.28.

$$E_{eff} A_c = (EA_s)_{eff} = \frac{E_s A_s}{1-0.35/(1+n_0\rho_s)} \rightarrow E_{eff} = E_s \frac{\rho_s}{1-0.35/(1+n_0\rho_s)}$$

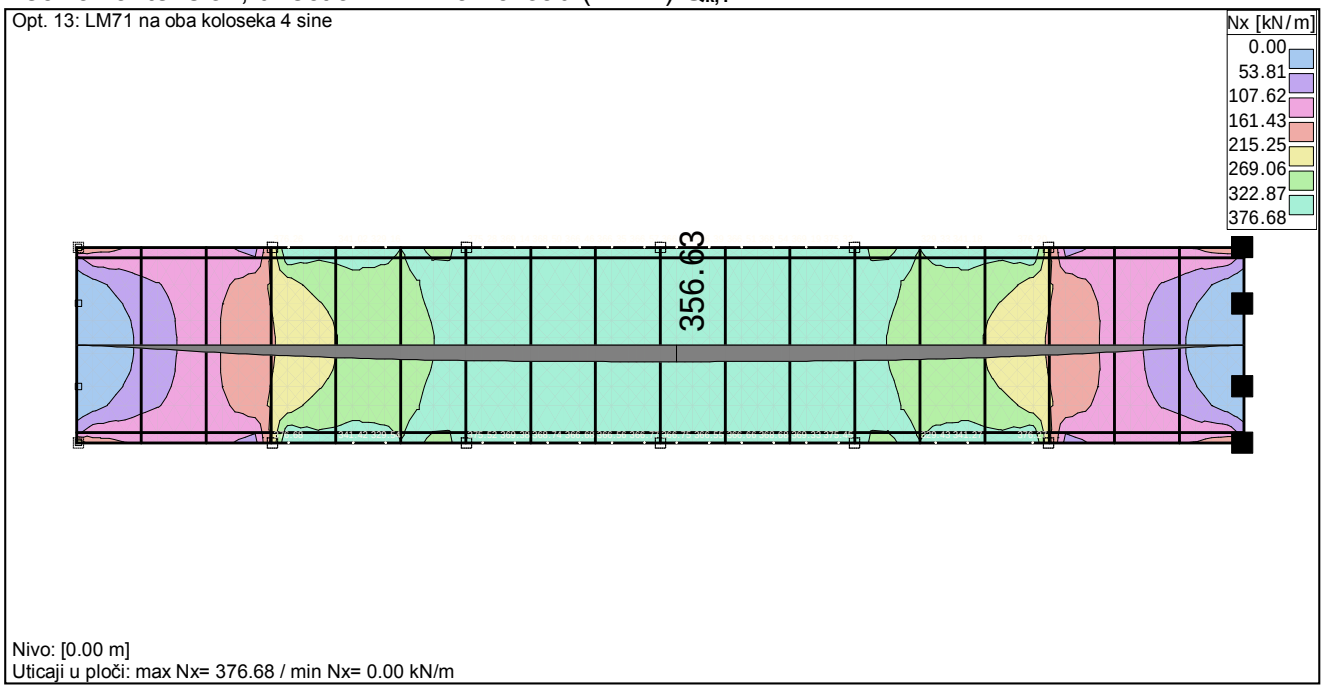
$$E_c = E_{cm} = 3400kN/cm^2 \quad , \quad n_0 = 6.18 \quad , \quad \rho_s = A_s / A_c \approx 0.03$$

$$E_{eff} = 21000 \frac{0.03}{1-0.35/(1+6.18 \cdot 0.03)} = 894kN/cm^2$$

Затезање плоче, правац Nx: Додатно стално оптерећење $\mathbf{G_{к,2}}$
Deck axial tension, direction Nx: Dead load $\mathbf{G_{к,2}}$



Затезање плоче, правац Nx: Саобраћајно оптерећење (LM71) $\mathbf{Q_{к,1}}$
Deck axial tension, direction Nx: Traffic load (LM71) $\mathbf{Q_{к,1}}$

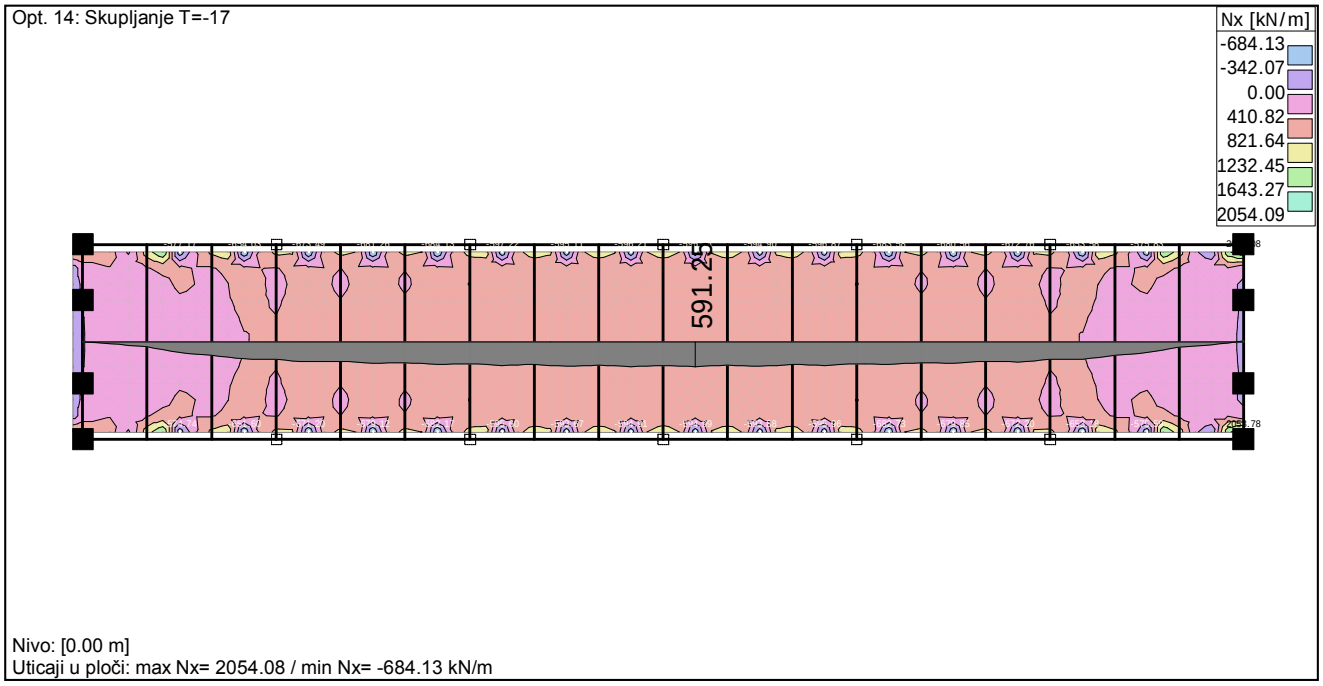


<u>Аксијално затезање кол. плоче од скупљања **Shr**/ Axial tension of deck plate due to shrinkage **Shr**</u>
Дилатација скупљања/

t=60 дана, $\Rightarrow \varepsilon_{cs} = 1.7 \cdot 10^{-4}$

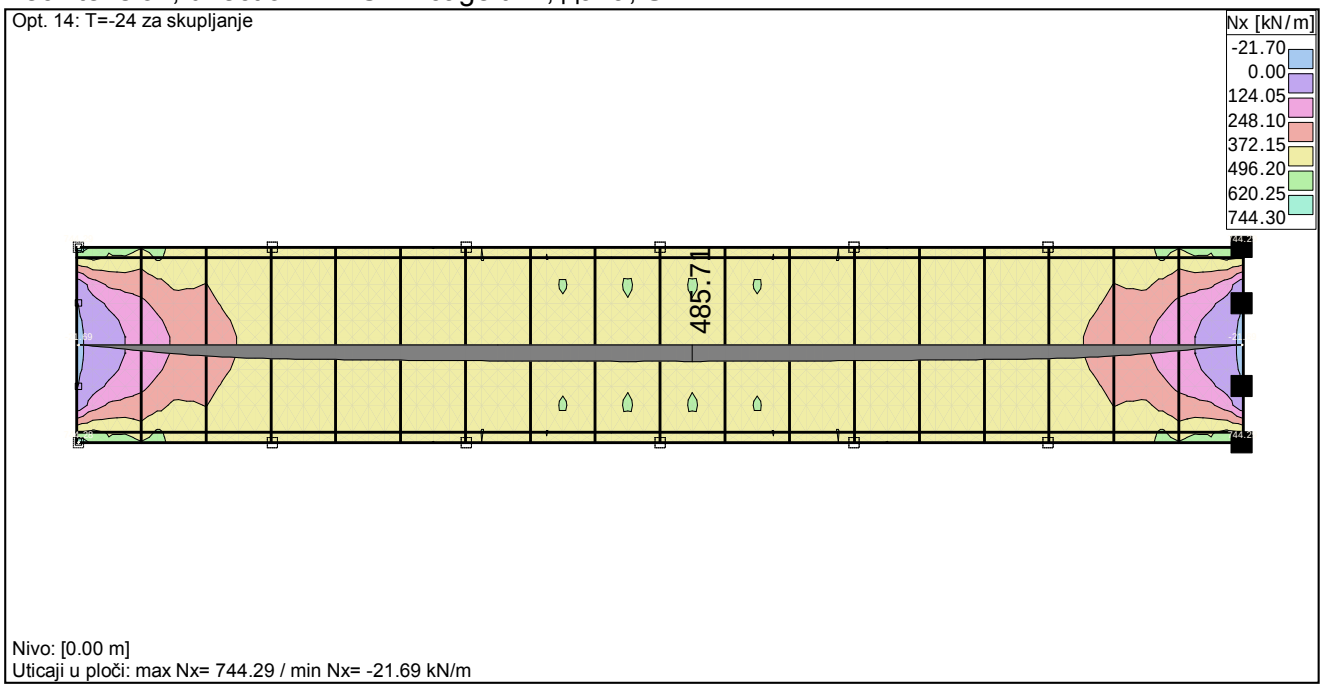
t=∞, $\Rightarrow \varepsilon_{cs} = 2.4 \cdot 10^{-4}$

Затезање плоче, правац Nx: Скупљање t=60дана, **Shr**
Deck tension, direction Nx: Shrincage t=60days, **Shr**



Напомена: Скупљање је задато као замењујућа температура t=-17C
Note: Shrinkage is modelled as equivalent temperature t=-17C

Затезање плоче, правац Nx: Скупљање t=∞, дана, **Shr**
Deck tension, direction Nx: Shrincage t=∞, дана, **Shr**



Напомена: Скупљање је задато као замењујућа температура t=-24C
Note: Shrinkage is modelled as equivalent temperature t=-24C

Утицаји за димензионисање плоче/
Section forces/

$$M_{x,Ed,\max} = 1.35(G_{k1} + G_{k2}) + 1.45 \cdot \phi_3 \cdot \alpha \cdot Q_{k1} =$$
$$M_{x,Ed,\max} = 190.82 kNm / m$$
$$M_{x,Ed,\min} = 1.35(G_{k1} + G_{k2}) + 1.45 \cdot \phi_3 \cdot \alpha \cdot Q_{k1}$$
$$M_{x,Ed,\min} = -184.25 Nm / m$$
$$N_{x,Ed} = 1.35(G_{k2} + Shr) + 1.45 \cdot \phi_3 \cdot \alpha \cdot Q_{k1}$$
$$N_{x,Ed} = 1610 kN / m$$

8.2 Арматура/ Reinforcement

Подужни правац/ Longitudinal direction
Потребна арматура доње зоне услед савијања/ Reinforcement in bottom layer due to bending:

$$\mu = \frac{M_{x,Ed,\max}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{190.82 \cdot 100}{100 \cdot 25^2 \cdot 0.85 \cdot 3.5 / 1.5} = 0.155$$
$$\Rightarrow \zeta = 0.895, \xi = 0.253, \varepsilon_{c2} = 3.39, \varepsilon_{s1} = 10.0$$
$$A_a = \frac{M_{x,Ed,\max}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{190.82 \cdot 100}{0.895 \cdot 25 \cdot 43.48} = 19.61 cm^2 / m$$

Потребна арматура горње зоне услед савијања/ Reinforcement in top layer due to bending:

$$\mu = \frac{M_{x,Ed,\min}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{184.25 \cdot 100}{100 \cdot 25^2 \cdot 0.85 \cdot 3.5 / 1.5} = 0.149$$
$$\Rightarrow \zeta = 0.900, \xi = 0.244, \varepsilon_{c2} = 3.23, \varepsilon_{s1} = 10.0$$
$$A_a = \frac{M_{x,Ed,\max}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{184.25 \cdot 100}{0.900 \cdot 25 \cdot 43.48} = 18.83 cm^2 / m$$

Арматура плоче услед затезања/ Deck reinforcement due tension:

$$A_a = \frac{N_{x,Ed,\max}}{f_{yd}} = \frac{1610}{43.48} = 37.02 cm^2 / m$$

Усвојена арматура у подужном правцу/ Reiforcement in longitudinal direction
Доња зона/ Bottom layer: Φ20/10 (Aa=31,4cm²/m')
Средња зона/ Middle layer: Φ20/10 (Aa=31,4cm²/m')
Горња зона/ Top layer: Φ20/10 (Aa=31,4cm²/m')

Усвојена арматура у попречном правцу/ Reiforcement in transversal direction
Обзиром да је коловозна плоча спрегнута у попречном правцу, те као део попречног носача изложена притиску, ова арматура се неће проверавати у овој фази пројекта. Конструктивно усвојено:
Горња зона/ Top layer: Φ16/15 (Aa=13.3cm²/m')
Доња зона/ Bottom layer: Φ16/15 (Aa=13.3cm²/m')

Провера усвојене арматуре за утицаје од раног скуплјања t=t_0
Reinforcement control for early shrinkage actions

$$N_c = -E_{cm} \cdot \varepsilon_c \cdot A_{con,bruto}$$

$$N_c = 3400 \cdot 1.7 \cdot 10^{-4} \cdot 30 \cdot 100 = 1734 kN / m$$

$$N_{shr,Ed} = 1.35 \cdot 1734 = 2340.9 kN / m$$

$$A_a = \frac{N_{x,Ed,\max}}{f_{yd}} = \frac{1734}{43.48} = 39.88 cm^2 / m < 94.2 cm^2$$

8.3 Контрола прслина/ Cracks control

Према/ Acc to SRPS EN 1992-1-1:2004 т. 7.3.
Максимална ширина прслина/ Crack max width: w_{max}=0.3mm

$$w_k = s_{r,\max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm})$$

$s_{r,\max} = k_3 \cdot c + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \phi / \rho_{p,eff}$ максимално растојање прслина/ crack max spacing

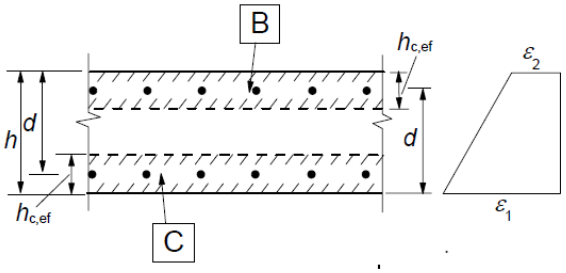
$k_1 = 0.8, \quad k_2 = 1.0, \quad k_3 = 3.4, \quad k_4 = 0.425$

Максимални утицаји из комбинације/ Max section forces due to load:

$1.0(G_{k1} + G_{k2} + Shr)$

$M_x = 32.23 kNm/m$

$N_x = 723.56 kN/m$



B - effective tension area for upper surface, $A_{ct,eff}$

C - effective tension area for lower surface, $A_{cb,eff}$

$$h_{c,eff} = \min \begin{Bmatrix} (h-x)/3 = (30-0)/3 = 10 \\ h/2 = 30/2 = 15.0 \\ 2.5(h-d) = 2.5(30-25) = 12.5 \end{Bmatrix}$$

$$A_{c,eff} = h_{c,eff} \cdot b = 10 \cdot 100 = 1000 cm^2$$

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}} = \frac{31.4}{1000} = 0.034$$

$$s_{r,\max} = k_3 \cdot c + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \phi / \rho_{p,eff} = 3.4 \cdot 40 + 0.8 \cdot 1.0 \cdot 0.425 \cdot 20 / 0.034 = 336 mm$$

$k_t = 0.4$, $\sigma_s = 186.3 MPa$, $f_{ct,eff} = f_{ctm} = 3.2 MPa$, $\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200}{34} = 5.88$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}}(1 + \alpha_e \rho_{p,eff})}{E_s} \geq 0.6 \frac{\sigma_s}{E_s} = 0.6 \frac{186.3}{200 \cdot 10^3} = 0.559 \cdot 10^{-3}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{186.3 - 0.4 \frac{3.2}{0.034}(1 + 5.88 \cdot 0.034)}{200 \cdot 10^3} = 0.706 \cdot 10^{-3} > 0.586 \cdot 10^{-3} \quad \rightarrow \quad \varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = 0.706 \cdot 10^{-3}$$

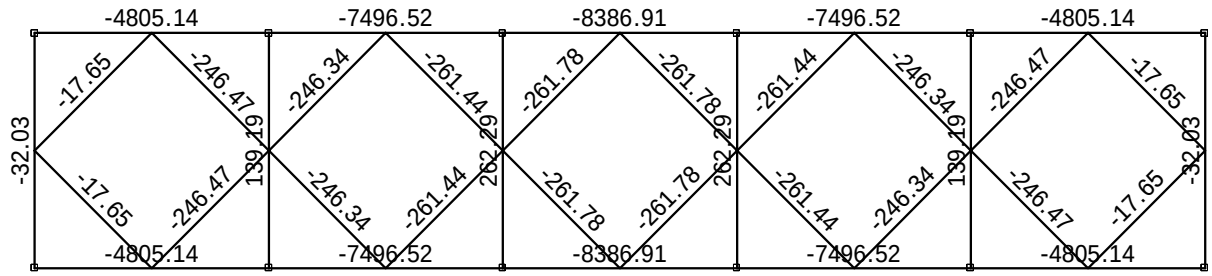
$$w_k = s_{r,\max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) = 336 \cdot 0.706 \cdot 10^{-3} = 0.24 mm < 0.30 mm$$

Захтеви у погледу ширине прслина су задовољени/ Conditions are fullfiled.

9. СПРЕГ ЗА ВЕТАР

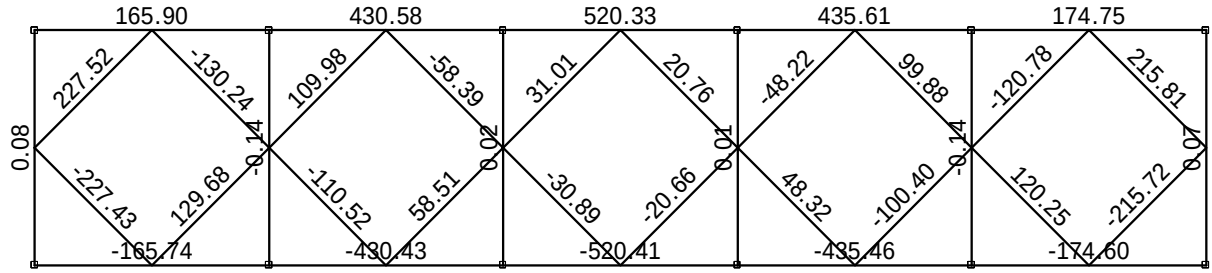
9.1 Статички утицаји

Opt. 13: Sve stalno



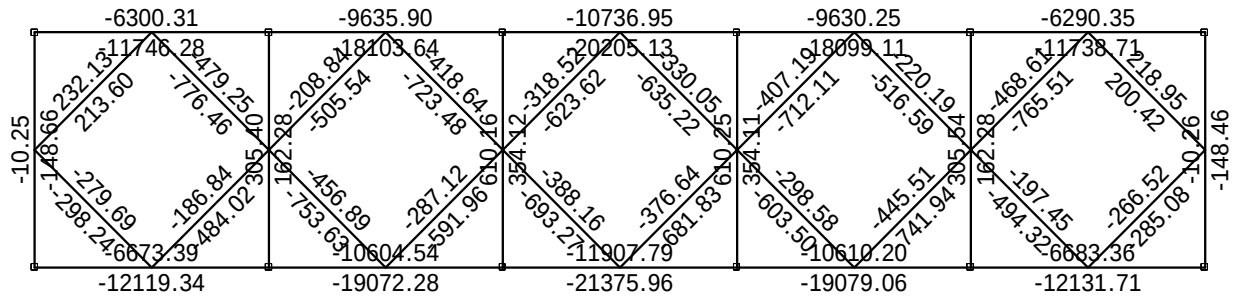
Nivo: [8.54 m]
Uticaji u gredi: max N1= 262.29 / min N1= -8386.91 kN

Opt. 10: Vetar poprecno

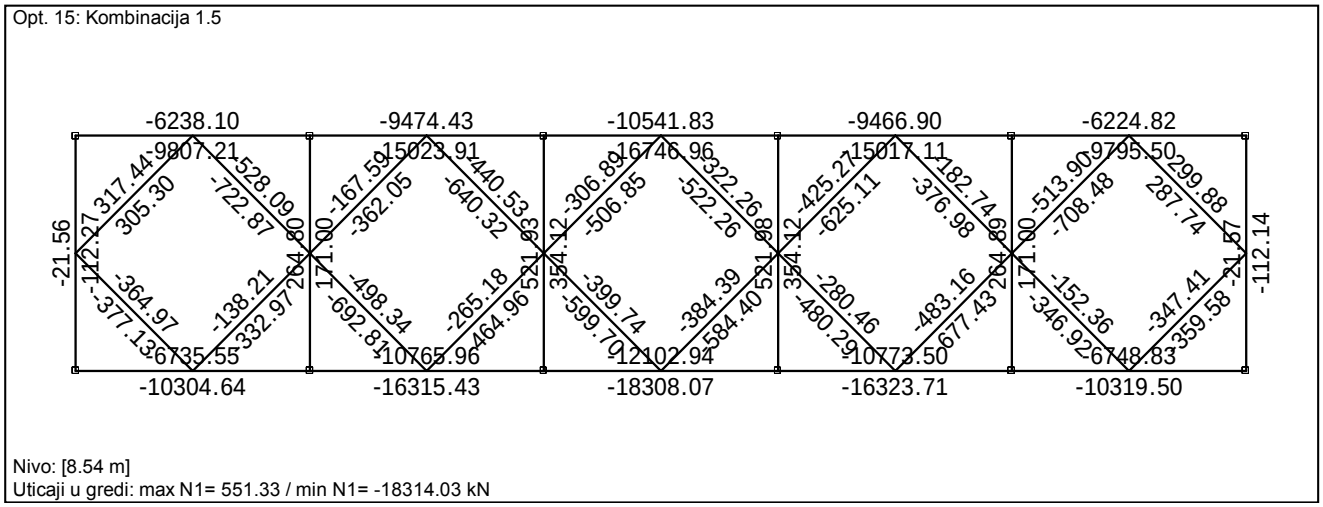


Nivo: [8.54 m]
Uticaji u gredi: max N1= 523.94 / min N1= -524.02 kN

Opt. 14: Kombinacija 1.1



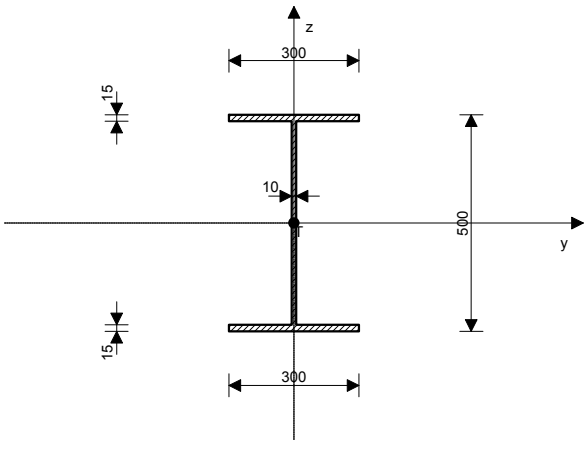
Nivo: [8.54 m]
Uticaji u gredi: max N1= 632.26 / min N1= -21380.86 kN



9.2 Контрола стабилности/ Element control

9.2.1 Дијагонале спрега/ Diagonals

GEOMETRIJSKE KARAKTERISTIKE PRESEKA



Ax =	137.00	cm2
Ay =	90.000	cm2
Az =	47.000	cm2
Ix =	83.167	cm4
Iy =	61594	cm4
Iz =	6753.9	cm4
Wy =	2463.8	cm3
Wz =	450.26	cm3
Wy,pl =	2734.8	cm3
Wz,pl =	675.00	cm3
γM0 =	1.000	
γM1 =	1.100	
γM2 =	1.250	
Anet/A =	0.900	

(fy = 35.5 kN/cm2, fu = 51.0 kN/cm2)

FAKTORI ISKORIŠĆENJA PO KOMBINACIJAMA OPTEREĆENJA

14. γ=0.56 15. γ=0.51 13. γ=0.19

ŠTAP IZLOŽEN PRITISKU I SAVIJANJU
(slučaj opterećenja 14, kraj štapa)

Računska normalna sila	NEd =	-776.46	kN
Transverzalna sila u y pravcu	VEd,y =	1.208	kN
Transverzalna sila u z pravcu	VEd,z =	12.039	kN
Momenat savijanja oko y ose	MEd,y =	-23.832	kNm
Momenat savijanja oko z ose	MEd,z =	-4.235	kNm
Momenat torzije	Mt =	0.016	kNm
Sistemska dužina štapa	L =	744.59	cm

5.5 KLASIFIKACIJA POPREČNIH PRESEKA
Klasa preseka 3

6.2 NOSIVOST POPREČNIH PRESEKA
6.2.4 Pritisak

Računska otpornost na pritisak	Nc,Rd =	4863.5	kN

Uslov 6.9: NEd <= Nc,Rd (776.46 <= 4863.50)

6.2.5 Savijanje y-y
U obzir su uzete i rupe za spojna sredstva.

Efektivni otporni moment	Wy,eff =	2043.0	cm3
Računska otpornost na savijanje	Mc,Rd =	725.27	kNm

Uslov 6.12: MEd,y <= Mc,Rd,y (23.83 <= 725.27)

6.2.5 Savijanje z-z
U obzir su uzete i rupe za spojna sredstva.

Efektivni otporni moment	Wz,eff =	406.78	cm3
Računska otpornost na savijanje	Mc,Rd =	144.41	kNm

Uslov 6.12: MEd,z <= Mc,Rd,z (4.24 <= 144.41)

6.2.6 Smicanje

Proračunska nosivost na smicanje	Vpl,Rd,z =	963.31	kN
Proračunska nosivost na smicanje	Vc,Rd,z =	963.31	kN

Uslov 6.17: VEd,z <= Vc,Rd,z (12.04 <= 963.31)

Proračunska nosivost na smicanje	Vpl,Rd,y =	1780.9	kN
Proračunska nosivost na smicanje	Vc,Rd,y =	1780.9	kN

Uslov 6.17: VEd,y <= Vc,Rd,y (1.21 <= 1780.93)

6.2.10 Savijanje smicanje i aksijalna sila
Nije potrebna redukcija momenata otpornosti
Uslov: VEd,z <= 50%Vpl,Rd,z ; VEd,y <= 50%Vpl,Rd,y

6.2.9 Savijanje i aksijalna sila
Uslov 6.42: (0.21 <= 1)

6.3 NOSIVOST ELEMENATA NA IZVIJANJE
6.3.1.1 Nosivost na izvijanje

Dužina izvijanja y-y	l,y =	744.59	cm
Relativna vitkost y-y	λ_y =	0.460	
Kriva izvijanja za osu y-y: B	α =	0.340	
Elastična kritična sila	Ncr,y =	23027	kN
Redukcioni koeficijent	χ,y =	0.902	
Računska otpornost na izvijanje	Nb,Rd,y =	3986.7	kN

Uslov 6.46: NEd <= Nb,Rd,y (776.46 <= 3986.73)

Dužina izvijanja z-z	l,z =	744.59	cm
Relativna vitkost z-z	λ_z =	1.388	
Kriva izvijanja za osu z-z: C	α =	0.490	
Redukcioni koeficijent	χ,z =	0.354	
Računska otpornost na izvijanje	Nb.Rd,z =	1564.0	kN

Uslov 6.46: NEd <= Nb,Rd,z (776.46 <= 1564.04)

6.3.2.1 Nosivost na bočno-torziono izvijanje

Koeficijent	C1 =	1.285	
Koeficijent	C2 =	1.562	
Koeficijent	C3 =	0.753	
Koef.efekt.dužine bočnog izvijanja	k =	1.000	
Koef.efekt.dužine torzionog uvrtanja	kw =	1.000	
Koordinata	zg =	0.000	cm
Koordinata	zj =	0.000	cm
Razmak bočno pridržanih tačaka	L =	744.59	cm
Sektorski momenat inercije	Iw =	3.97e+6	cm6

Krit.mom.za bočno tor.izvijanje	Mcr =	948.02	kNm
Odgovarajući otporni momenat	Wy =	2463.8	cm3
Koeficijent imperf.	αLT =	0.490	
Bezdimenziona vitkost	λLT_ =	0.961	
Koeficijent redukcije (6.3.2.2.)	χLT =	0.563	
Računska otpornost na izvijanje	Mb,Rd =	447.79	kNm

Uslov 6.54: MEd,y <= Mb,Rd (23.83 <= 447.79)

6.3.3 Elementi konstantnog poprečnog preseka opterećeni savijanjem i aksijalnim pritiskom
Proračun koeficijenata interakcije izvršen je alternativnom metodom br.2 (Aneks B)

Koeficijent uniformnog momenta	Cmy =	0.728
Koeficijent uniformnog momenta	Cmz =	0.400
Koeficijent uniformnog momenta	CmLT =	0.728
Koeficijent interakcije	kyy =	0.767
Koeficijent interakcije	kyz =	0.519
Koeficijent interakcije	kzy =	0.948
Koeficijent interakcije	kzz =	0.519

Redukcioni koeficijent	χy =	0.902
NEd / (χy NRk / γM1)		0.195
kyy * (MyEd + ΔMyEd) / ...		0.041
kyz * (MzEd + ΔMzEd) / ...		0.015

Uslov 6.61: (0.25 <= 1)

Redukcioni koeficijent	χz =	0.354
NEd / (χz NRk / γM1)		0.496
kzy * (MyEd + ΔMyEd) / ...		0.050
kzz * (MzEd + ΔMzEd) / ...		0.015

Uslov 6.62: (0.56 <= 1)

PROVERA OTPORNOSTI NA SMICANJE
(slučaj opterećenja 14, kraj štapa)

Računska normalna sila	NEd =	-770.57	kN
Transverzalna sila u y pravcu	VEd,y =	1.349	kN
Transverzalna sila u z pravcu	VEd,z =	12.222	kN
Momenat savijanja oko y ose	MEd,y =	-23.842	kNm
Momenat savijanja oko z ose	MEd,z =	-4.766	kNm
Momenat torzije	Mt =	0.016	kNm
Sistemska dužina štapa	L =	744.59	cm

6.2 NOSIVOST POPREČNIH PRESEKA
6.2.6 Smicanje

Proračunska nosivost na smicanje	Vpl,Rd,z =	963.31	kN
Proračunska nosivost na smicanje	Vc,Rd,z =	963.31	kN

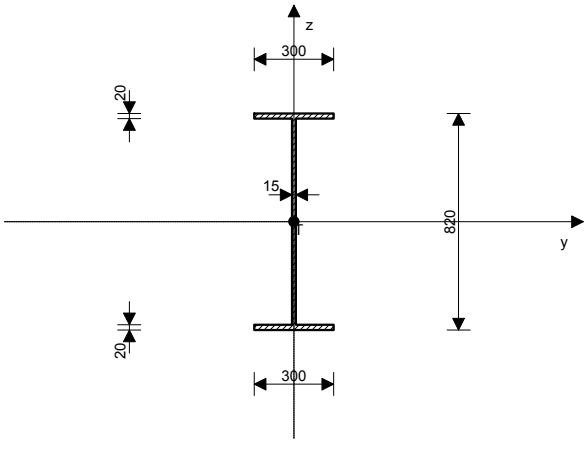
Uslov 6.17: VEd,z <= Vc,Rd,z (12.22 <= 963.31)

Proračunska nosivost na smicanje	Vpl,Rd,y =	1780.9	kN
Proračunska nosivost na smicanje	Vc,Rd,y =	1780.9	kN

Uslov 6.17: VEd,y <= Vc,Rd,y (1.35 <= 1780.93)

9.2.2 Средње вертикале спрега/ Middle verticals

GEOMETRIJSKE KARAKTERISTIKE PRESEKA



[mm]

Ax =	237.00	cm2
Ay =	120.00	cm2
Az =	117.00	cm2
Ix =	247.75	cm4
Iy =	2.51e+5	cm4
Iz =	9021.9	cm4
Wy =	6130.7	cm3
Wz =	601.46	cm3
Wy,pl =	7081.5	cm3
Wz,pl =	900.00	cm3
γM0 =	1.000	
γM1 =	1.100	
γM2 =	1.250	
Anet/A =	1.000	

(fy = 35.5 kN/cm2, fu = 51.0 kN/cm2)

FAKTORI ISKORIŠĆENJA PO KOMBINACIJAMA OPTEREĆENJA

14. γ=0.41 15. γ=0.39 13. γ=0.10

ŠTAP IZLOŽEN ZATEZANJU I SAVIJANJU
(slučaj opterećenja 14, početak štapa)

Računska normalna sila	NEd =	570.93	kN
Transverzalna sila u y pravcu	VEd,y =	-0.360	kN
Transverzalna sila u z pravcu	VEd,z =	-63.784	kN
Momenat savijanja oko y ose	MEd,y =	-505.32	kNm
Momenat savijanja oko z ose	MEd,z =	-0.546	kNm
Sistemska dužina štapa	L =	1056.0	cm

5.5 KLASIFIKACIJA POPREČNIH PRESEKA
Klasa preseka 1

6.2 NOSIVOST POPREČNIH PRESEKA
6.2.3 Zatezanje

Plast.rač.otpornost bruto preseka	Npl,Rd =	8413.5	kN
Granična rač.otpornost neto preseka	Nu,Rd =	8702.6	kN
Računska otp. na zatezanje	Nt,Rd =	8413.5	kN

Uslov 6.5: NEd <= Nt,Rd (570.93 <= 8413.50)

6.2.5 Savijanje y-y

Plastični otporni moment	Wy,pl =	7081.5	cm3
Računska otpornost na savijanje	Mc,Rd =	2513.9	kNm

Uslov 6.12: MEd,y <= Mc,Rd,y (505.32 <= 2513.93)

6.2.5 Savijanje z-z

Plastični otporni moment	Wz,pl =	900.00	cm3
Računska otpornost na savijanje	Mc,Rd =	319.50	kNm

Uslov 6.12: MEd,z <= Mc,Rd,z (0.55 <= 319.50)

6.2.6 Smicanje

Proračunska nosivost na smicanje	Vpl,Rd,z =	2398.0	kN
Proračunska nosivost na smicanje	Vc,Rd,z =	2398.0	kN

Uslov 6.17: VEd,z <= Vc,Rd,z (63.78 <= 2398.03)

Proračunska nosivost na smicanje	Vpl,Rd,y =	2459.5	kN
Proračunska nosivost na smicanje	Vc,Rd,y =	2459.5	kN

Uslov 6.17: VEd,y <= Vc,Rd,y (0.36 <= 2459.51)

6.2.10 Savijanje smicanje i aksijalna sila
Nije potrebna redukcija momenata otpornosti
Uslov: VEd,z <= 50%Vpl,Rd,z ; VEd,y <= 50%Vpl,Rd,y

6.2.9 Savijanje i aksijalna sila

Odnos NEd / Npl,Rd		0.068	
Reduk.moment plast.otp.na savijanje	MN,y,Rd =	2513.9	kNm
Koeficijent	α =	2.000	
Odnos (My,Ed / MN,y,Rd)^α		0.040	

Uslov 6.41: (0.04 <= 1)

6.3 NOSIVOST ELEMENATA NA IZVIJANJE
6.3.2.1 Nosivost na bočno-torziono izvijanje

Koeficijent	C1 =	1.132	
Koeficijent	C2 =	0.459	
Koeficijent	C3 =	0.525	
Koef.efekt.dužine bočnog izvijanja	k =	1.000	
Koef.efekt.dužine torzionog uvrtanja	kw =	1.000	
Koordinata	zg =	0.000	cm
Koordinata	zj =	0.000	cm
Razmak bočno pridržanih tačaka	L =	528.00	cm
Sektorski momenat inercije	Iw =	1.44e+7	cm6
Krit.mom.za bočno tor.izvijanje	Mcr =	3304.8	kNm
Odgovarajući otporni momenat	Wy =	7081.5	cm3
Koeficijent imperf.	αLT =	0.760	
Bezdimenziona vitkost	λLT_ =	0.872	
Koeficijent redukcije (6.3.2.2.)	χLT =	0.537	
Računska otpornost na izvijanje	Mb,Rd =	1226.5	kNm

Uslov 6.54: MEd,y <= Mb,Rd (505.32 <= 1226.52)

PROVERA OTPORNOSTI NA SMICANJE
(slučaj opterećenja 15, početak štapa)

Računska normalna sila	NEd =	479.02	kN
Transverzalna sila u y pravcu	VEd,y =	-0.188	kN
Transverzalna sila u z pravcu	VEd,z =	-72.151	kN
Momenat savijanja oko y ose	MEd,y =	-492.90	kNm
Momenat savijanja oko z ose	MEd,z =	-0.231	kNm
Sistemska dužina štapa	L =	1056.0	cm

6.2 NOSIVOST POPREČNIH PRESEKA
6.2.6 Smicanje

Proračunska nosivost na smicanje	Vpl,Rd,z =	2398.0	kN
Proračunska nosivost na smicanje	Vc,Rd,z =	2398.0	kN

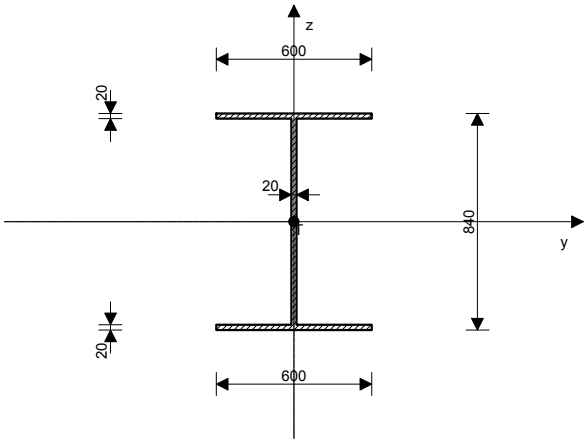
Uslov 6.17: VEd,z <= Vc,Rd,z (72.15 <= 2398.03)

Proračunska nosivost na smicanje	Vpl,Rd,y =	2459.5	kN
Proračunska nosivost na smicanje	Vc,Rd,y =	2459.5	kN

Uslov 6.17: VEd,y <= Vc,Rd,y (0.19 <= 2459.51)

9.2.3 Крајње вертикале спрега/ End verticals

GEOMETRIJSKE KARAKTERISTIKE PRESEKA



[mm]

Ax =	400.00	cm2
Ay =	240.00	cm2
Az =	160.00	cm2
Ix =	533.33	cm4
Iy =	4.89e+5	cm4
Iz =	72053	cm4
Wy =	11639	cm3
Wz =	2401.8	cm3
Wy,pl =	13040	cm3
Wz,pl =	3600.0	cm3
γM0 =	1.000	
γM1 =	1.100	
γM2 =	1.250	
Anet/A =	0.900	

(fy = 35.5 kN/cm2, fu = 51.0 kN/cm2)

FAKTORI ISKORIŠĆENJA PO KOMBINACIJAMA OPTEREĆENJA

15. γ=0.45 14. γ=0.42 13. γ=0.09

ŠTAP IZLOŽEN PRITISKU I SAVIJANJU
(slučaj opterećenja 15, kraj štapa)

Računska normalna sila	NEd =	-354.64	kN
Transverzalna sila u y pravcu	VEd,y =	36.398	kN
Transverzalna sila u z pravcu	VEd,z =	132.35	kN
Momenat savijanja oko y ose	MEd,y =	-756.56	kNm
Momenat savijanja oko z ose	MEd,z =	-121.27	kNm
Momenat torzije	Mt =	-0.077	kNm
Sistemska dužina štapa	L =	1056.0	cm

5.5 KLASIFIKACIJA POPREČNIH PRESEKA
Klasa preseka 4
Nož.dole l. 300.0mm X 20.0mm [81.1%] 18.9%
Nož.dole d. 300.0mm X 20.0mm[99.2%] 0.8%

6.2 NOSIVOST POPREČNIH PRESEKA
6.2.4 Pritisak

Efektivna površina poprečnog preseka	Aeff =	400.00	cm2
Računska otpornost na pritisak	Nc,Rd =	14200	kN

Uslov 6.9: NEd <= Nc,Rd (354.64 <= 14200.00)

6.2.5 Savijanje y-y
U obzir su uzete i rupe za spojna sredstva.

Efektivni otporni moment	Wy,eff =	9270.1	cm3
Računska otpornost na savijanje	Mc,Rd =	3290.9	kNm

Uslov 6.12: MEd,y <= Mc,Rd,y (756.56 <= 3290.87)

6.2.5 Savijanje z-z
U obzir su uzete i rupe za spojna sredstva.

Efektivni otporni moment	Wz,eff =	2169.9	cm3
Računska otpornost na savijanje	Mc,Rd =	770.32	kNm

Uslov 6.12: MEd,z <= Mc,Rd,z (121.27 <= 770.32)

6.2.6 Smicanje

Proračunska nosivost na smicanje	Vpl,Rd,z =	3279.4	kN
Proračunska nosivost na smicanje	Vc,Rd,z =	3279.4	kN

Uslov 6.17: VEd,z <= Vc,Rd,z (132.35 <= 3279.35)

Proračunska nosivost na smicanje	Vpl,Rd,y =	4749.1	kN
Proračunska nosivost na smicanje	Vc,Rd,y =	4749.1	kN

Uslov 6.17: VEd,y <= Vc,Rd,y (36.40 <= 4749.15)

6.2.10 Savijanje smicanje i aksijalna sila
Nije potrebna redukcija momenata otpornosti
Uslov: VEd,z <= 50%Vpl,Rd,z ; VEd,y <= 50%Vpl,Rd,y

6.2.9 Savijanje i aksijalna sila
Uslov 6.43: (0.45 <= 1)

6.3 NOSIVOST ELEMENATA NA IZVIJANJE
6.3.1.1 Nosivost na izvijanje

Dužina izvijanja y-y	l,y =	1056.0	cm
Relativna vitkost y-y	λ_y =	0.391	
Kriva izvijanja za osu y-y: B	α =	0.340	
Elastična kritična sila	Ncr,y =	90859	kN
Redukcioni koeficijent	χ,y =	0.930	
Računska otpornost na izvijanje	Nb,Rd,y =	11751	kN

Uslov 6.46: NEd <= Nb,Rd,y (354.64 <= 11750.94)

Dužina izvijanja z-z	l,z =	1056.0	cm
Relativna vitkost z-z	λ_z =	1.019	
Kriva izvijanja za osu z-z: C	α =	0.490	
Redukcioni koeficijent	χ,z =	0.529	
Računska otpornost na izvijanje	Nb.Rd,z =	6687.3	kN

Uslov 6.46: NEd <= Nb,Rd,z (354.64 <= 6687.30)

6.3.2.1 Nosivost na bočno-torziono izvijanje

Koeficijent	C1 =	2.580	
Koeficijent	C2 =	0.000	
Koeficijent	C3 =	0.728	
Koef.efekt.dužine bočnog izvijanja	k =	1.000	
Koef.efekt.dužine torzionog uvrtanja	kw =	1.000	
Koordinata	zg =	0.000	cm
Koordinata	zj =	0.000	cm
Razmak bočno pridržanih tačaka	L =	1056.0	cm
Sektorski momenat inercije	Iw =	1.21e+8	cm6
Krit.mom.za bočno tor.izvijanje	Mcr =	15457	kNm
Odgovarajući otporni momenat	Wy =	9270.1	cm3
Koeficijent imperf.	αLT =	0.490	
Bezdimenziona vitkost	λLT_ =	0.461	
Koeficijent redukcije (6.3.2.2.)	χLT =	0.864	
Računska otpornost na izvijanje	Mb,Rd =	2585.8	kNm

Uslov 6.54: MEd,y <= Mb,Rd (756.56 <= 2585.78)

6.3.3 Elementi konstantnog poprečnog preseka opterećeni savijanjem i aksijalnim pritiskom
Proračun koeficijenata interakcije izvršen je alternativnom metodom br.2 (Aneks B)

Koeficijent uniformnog momenta	Cmy =	0.429	
Koeficijent uniformnog momenta	Cmz =	0.468	
Koeficijent uniformnog momenta	CmLT =	0.429	
Koeficijent interakcije	kyy =	0.432	
Koeficijent interakcije	kyz =	0.482	

Koeficijent interakcije	kzy =	0.986
Koeficijent interakcije	kzz =	0.482
Redukcioni koeficijent	χy =	0.930
NEd / (χy NRk / γM1)		0.030
kyy * (MyEd + ΔMyEd) / ...		0.126
kyz * (MzEd + ΔMzEd) / ...		0.081
Uslov 6.61: (0.24 <= 1)		
Redukcioni koeficijent	χz =	0.529
NEd / (χz NRk / γM1)		0.053
kzy * (MyEd + ΔMyEd) / ...		0.288
kzz * (MzEd + ΔMzEd) / ...		0.081
Uslov 6.62: (0.42 <= 1)		

PROVERA OTPORNOSTI NA SMICANJE
(slučaj opterećenja 15, kraj štapa)

Računska normalna sila	NEd =	-285.49	kN
Transverzalna sila u y pravcu	VEd,y =	27.743	kN
Transverzalna sila u z pravcu	VEd,z =	133.46	kN
Momenat savijanja oko y ose	MEd,y =	-675.94	kNm
Momenat savijanja oko z ose	MEd,z =	-99.349	kNm
Momenat torzije	Mt =	-0.055	kNm
Sistemska dužina štapa	L =	1056.0	cm

6.2 NOSIVOST POPREČNIH PRESEKA
6.2.6 Smicanje

Proračunska nosivost na smicanje	Vpl,Rd,z =	3279.4	kN
Proračunska nosivost na smicanje	Vc,Rd,z =	3279.4	kN
Uslov 6.17: VEd,z <= Vc,Rd,z (133.46 <= 3279.35)			
Proračunska nosivost na smicanje	Vpl,Rd,y =	4749.1	kN
Proračunska nosivost na smicanje	Vc,Rd,y =	4749.1	kN
Uslov 6.17: VEd,y <= Vc,Rd,y (27.74 <= 4749.15)			

10. ГРАНИЧНА СТАЊА УПОТРЕБЉИВОСТИ (SLS)

10.1 Вертикална убрзања плоче/ Vertical acceleration of deck

Опредељење између статичке и динамичке анализе/
Determining whether a dynamic analysis is required

Фреквенција првог тона осциловања/ First natural mode frequency:

$\delta_0 = 55.5mm$- угиб у средини распона од сталних оптерећења Gк,1+ Gк,2/ middle deflection due to permanent loads Gк,1+ Gк,2

$$n_0 = \frac{17.75}{\sqrt{55.5}} = 2.38Hz$$

Граничне вредности првог тона осциловања/ Limits of first natural mode frequency:

Доња граница/ Lower limt: $n_0 = 23.58L^{-0.592} = 2.03Hz$

Горња граница/ Upper limit: $n_0 = 94.76L^{-0.748} = 4.27Hz$

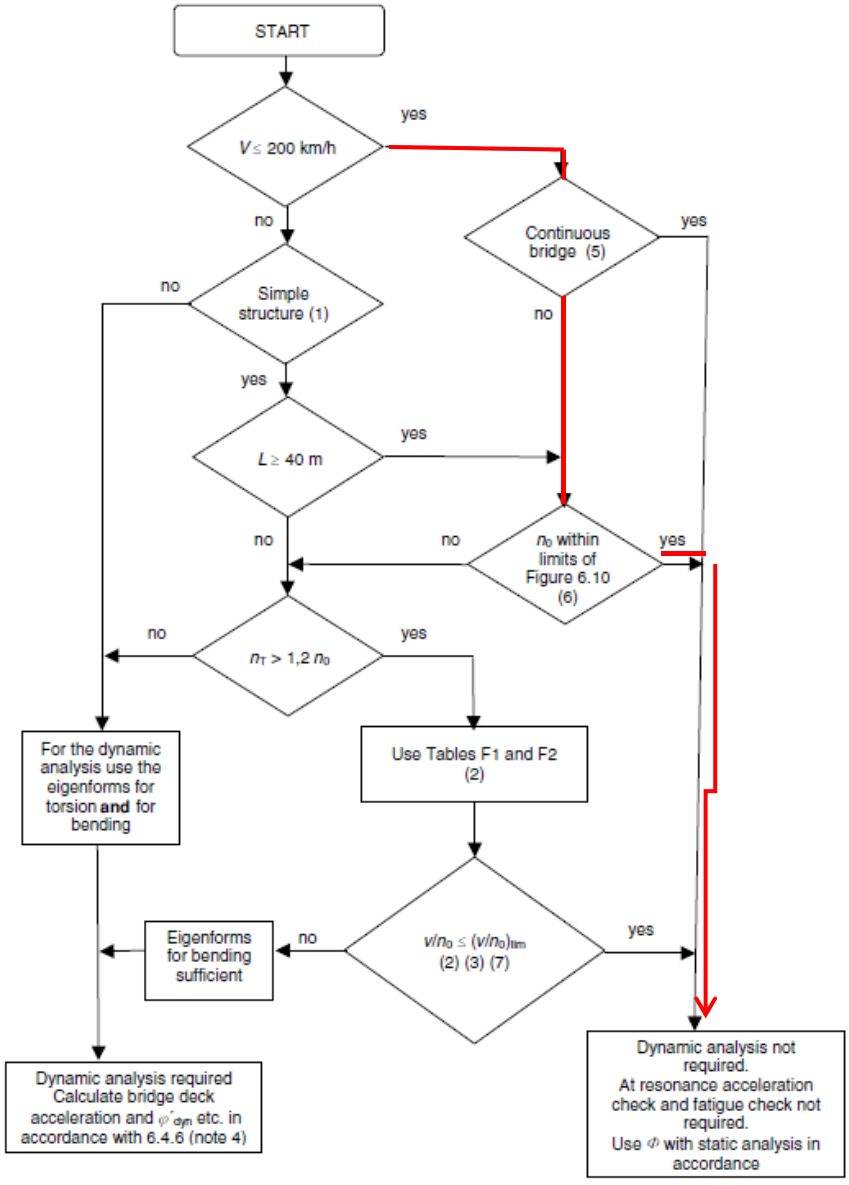
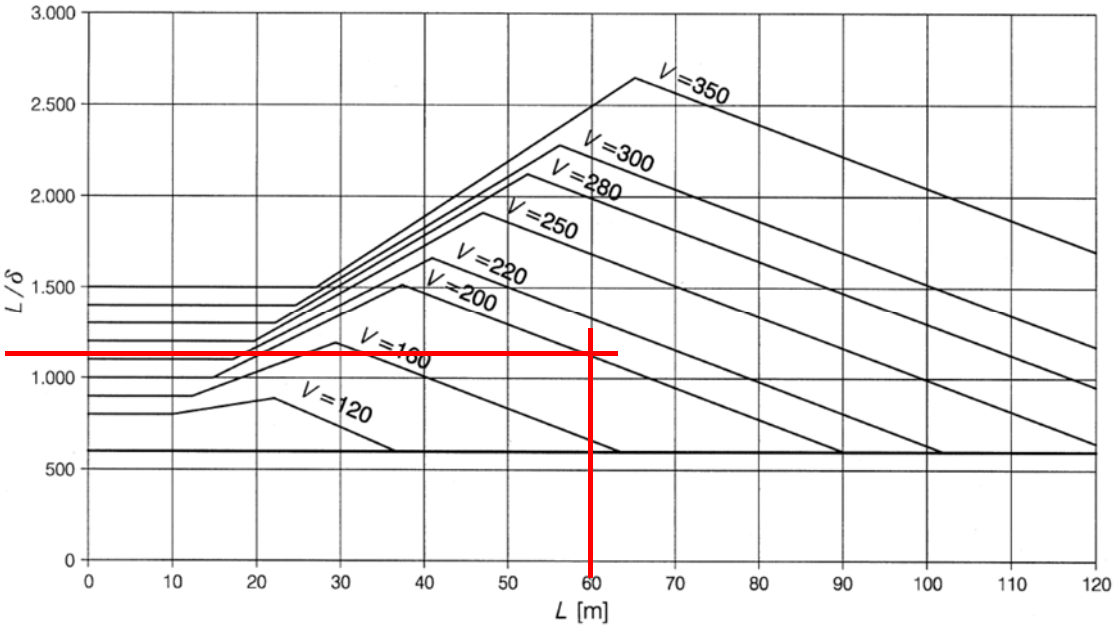


Figure 6.9 - Flow chart for determining whether a dynamic analysis is required

- Меродавна је статичка анализа/ Dynamic analysis is not required

Максимална вредност угиба δ за веома добар ниво конфора (bv<1.0m/s^2)/
Maximum permissible vertical deflection δ for very good passenger comfort:

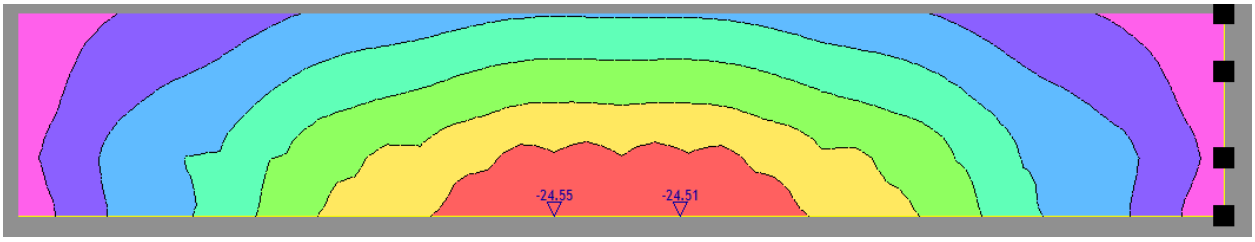
δ - угиб у средини распона за шему оптерећења LM71xФ, са једним оптерећеним колосеком/
δ - span middle deflection due to LM71xФ, with one track loaded/



$L/\delta = 1100$ - вредност очитана из табеле, односи се на мостове са три и више простих греда. За мост са једним распоном ову вредност треба помножити са 0.7/ Value from the chart refers to bridges with three or more spans. For bridges with one span this value should be multiplied with 0.7.

$$\Rightarrow \delta_{\max} = \frac{60000}{0.7 \cdot 1100} = 77.92mm$$

Карактеристичне вредности вертикалног угиба δ за LM71 на једном колосеку, из модела са испуцалом бетонском плочом/ Characteristic values of vertical deflection δ for LM71 on one track from model with cracked deck



$$\Phi_3 \cdot \delta < 1.016 \cdot 22 = 22.35 < \delta_{\max} = 77.92mm \Rightarrow OK$$

- Остварен веома добар ниво конфора путника bv<1.0m/s^2./ Very good passenger comfort is achieved bv<1.0m/s^2
- Нема опасности од нестабилности застора/ No risk of ballast instability.

10.2 Сопствене хоризонталне фреквенције/ Transverse vibration of the deck

Према члану A2.4.4.2.4 стандарда СРПС ЕН 1990, први тон сопствене фреквенције бочних осцилација не треба да буде мањи од f_{b0}. Тачком 2.2.33 - A2.4.4.2.4(3) Националног анкеса SRPS EN1990/NA минимална сопствена фреквенција првог тона осциловања износи f_{b0}=1.2Hz. /

Acc to A2.4.4.2.4 of SRPS EN 1990, first natural mode frequency of lateral vibration should not be les than f_{b0}. In chapter 2.2.33 - A2.4.4.2.4(3) of National annex SRPS EN1990/NA min first natural mode frequency of lateral vibration is f_{b0}=1.2Hz.

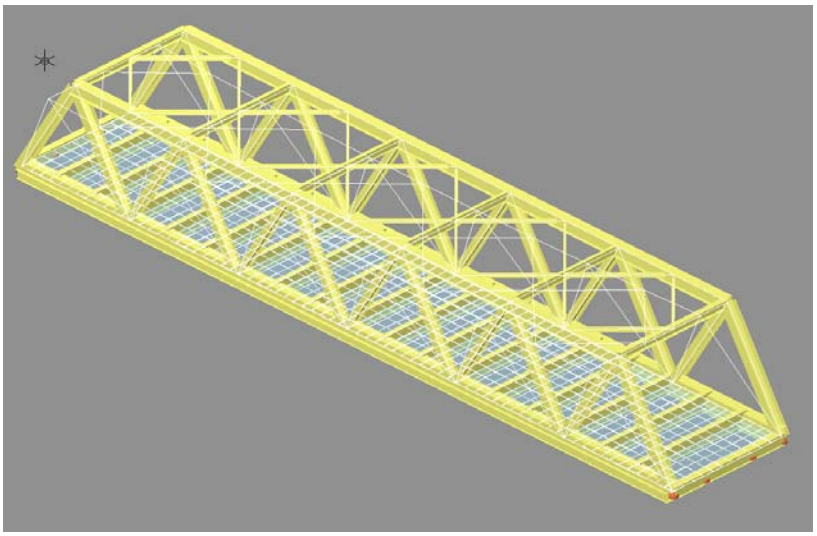
Напредне опције сеизмичког прорачуна:
Спречено осциловање у X правцу
Спречено осциловање у Z правцу

Фактори оптерећења за прорачун маса

Но	Назив	Коефицијент	
1	Gк1 сопствена тежина	1.00	
2	Gк2 стални терет	1.00	

Периоди осциловања конструкције

№	T [s]	f [Hz]
1	0.410964	2.433303
2	0.230791	4.332916
3	0.156345	6.396114



2.43Hz > 1.2Hz → услов граничне фреквенције испуњен/ condition is fullfiled

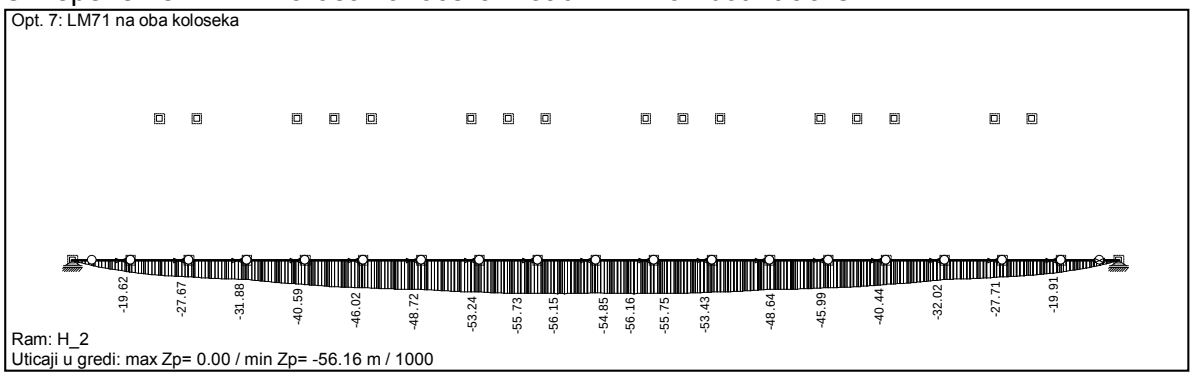
10.3 Вертикалне деформације плоче/ Vertical deflection of the deck

Услов/ Condition $\delta_{\max} = L/600$: SRPS EN1990:2002

$\delta_{\max}$ - класификована карактеристична вредност вертикалног угиба услед саобраћајних оптерећења/ classified characteristic value of vertical deflection due to traffic loads

$\delta_{\max} = 63000/600 = 105mm$

Оптерећење: LM71 на оба колосека/ Load LM71 on both tracks



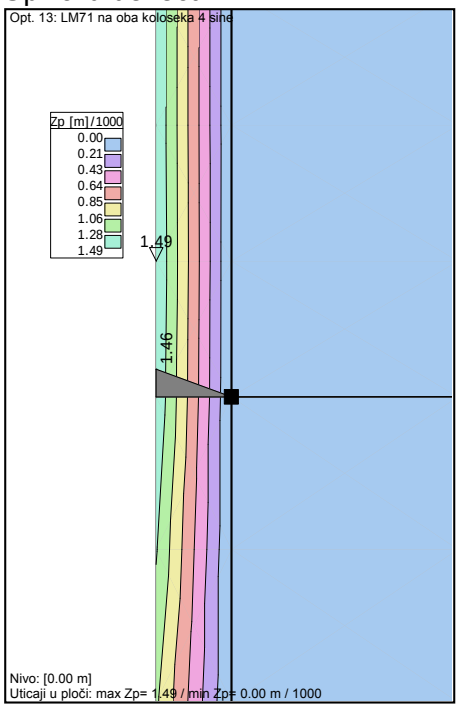
$\alpha \cdot \delta = 1.21 \cdot 56.15 = 67.94mm < \delta_{\max} = 105mm$

10.4 Угиб на крају плоче/ End deflections of the deck

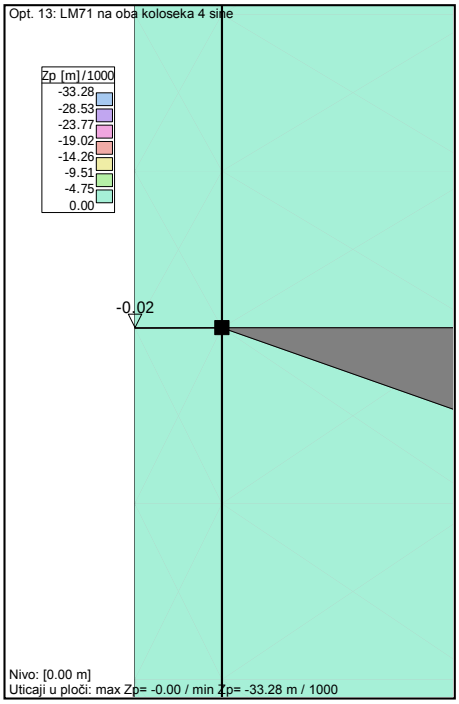
Услов према/ Condition acc to SRPS EN 1991-2 т.6.5.4.5.2:
Вертикално померање краја плоче/ Vertical deflection of deck end:

$\delta_{v,\max} = 2mm$ за брзине $V \le 200km/h$

Померање на горе/
Upward deflectin



Померање на доле/
Downward deflectin



$\Phi \cdot \alpha \cdot \delta = 1.011 \cdot 1.21 \cdot 1.49 = 1.82mm < \delta_{v,\max} = 2mm \Rightarrow OK$

Коришћен је коефицијент Φ_3 за главни носач јер је порекло померања из ротације ослоначког пресека главног носача./ Factor Φ_3 for main girder is used due to fact that deflection is a result of main girder end rotation.

10.5Увртање плоче/ Deck twist

Услов/ Condition: $t_2 = 3mm$: SRPS EN1990:2002

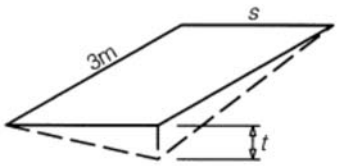
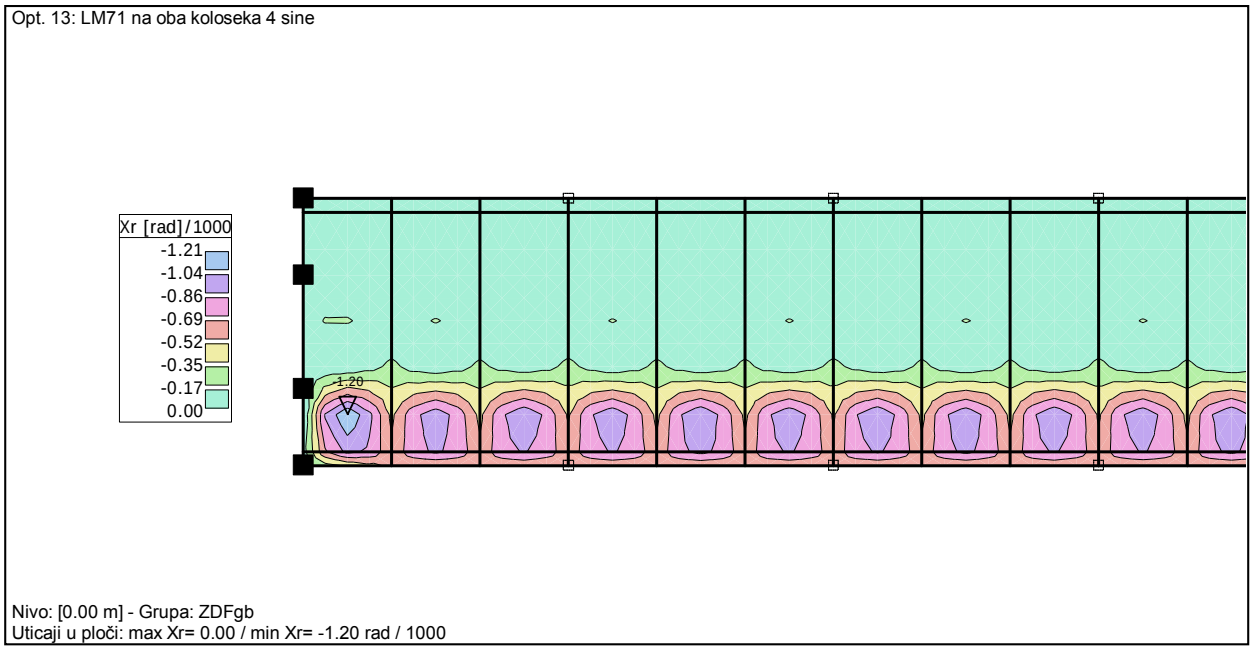


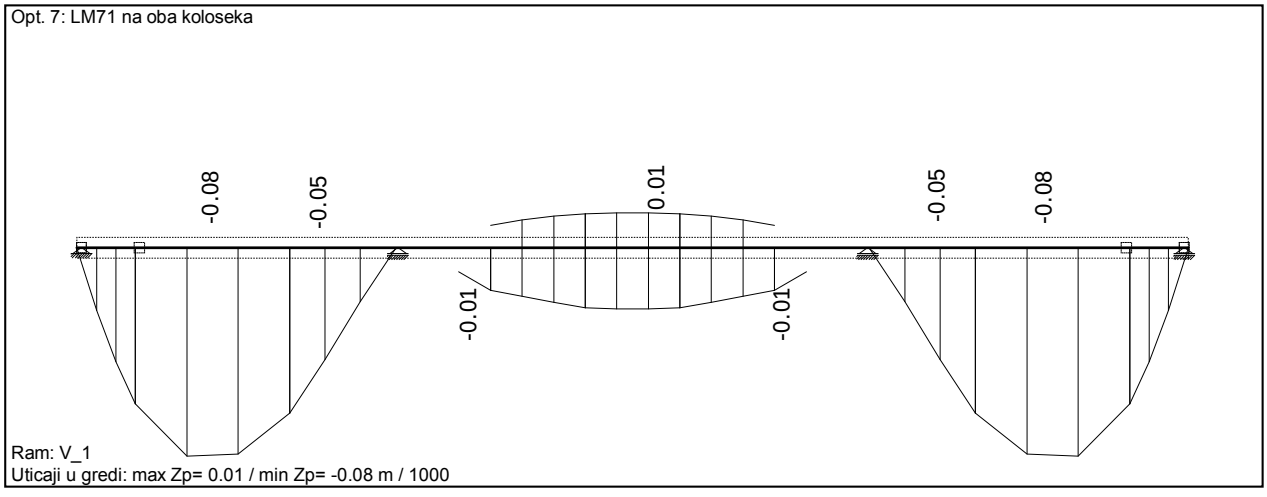
Figure A2.1 - Definition of deck twist

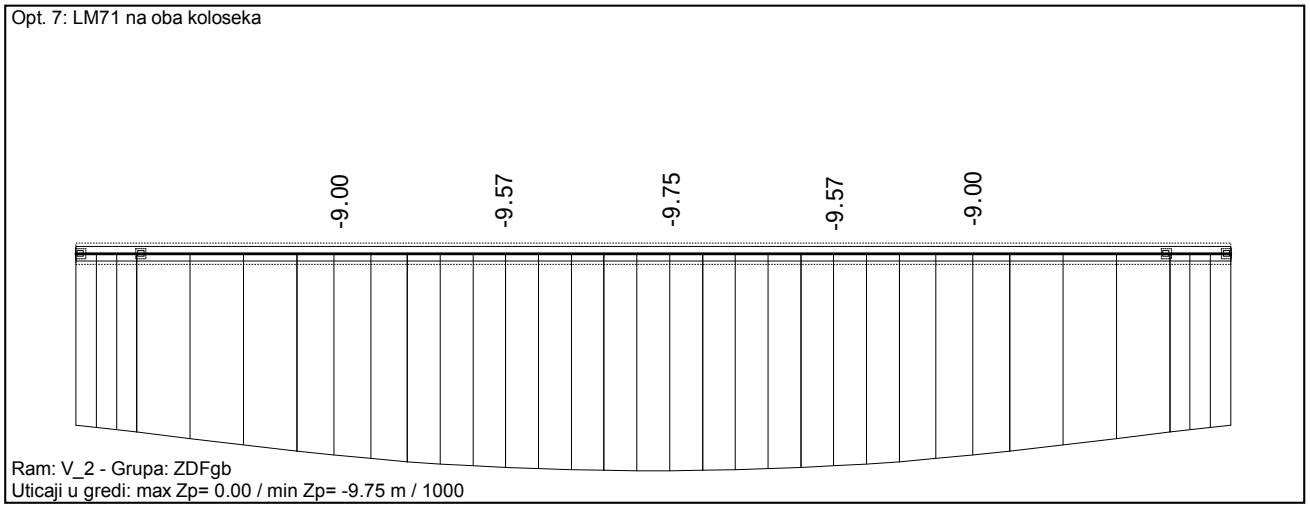
Table A2.7 – Limiting values of deck twist

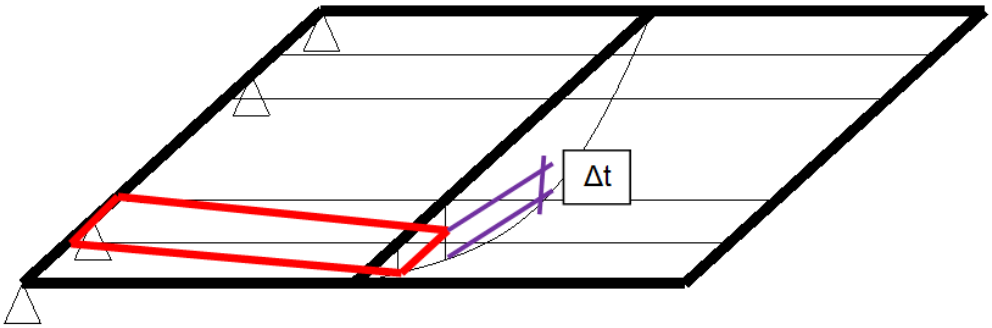
Speed range V (km/h)	Maximum twist t (mm/3m)
$V \leq 120$	$t \leq t_1$
$120 < V \leq 200$	$t \leq t_2$
$V > 200$	$t \leq t_3$



Карактеристичне вредности вертикалног угиба попречних носача од променљивог оптерећења/ Characteristic values of vertical deflection of cross beams due to traffic loads:





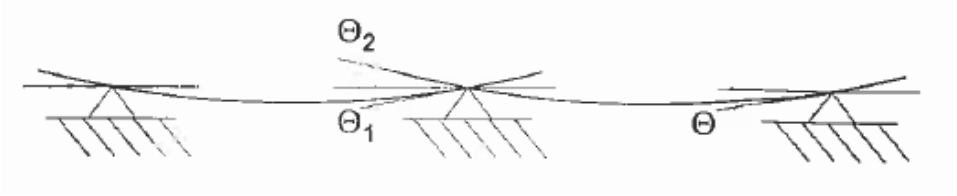


$$\Delta t_{maz} = 1.21 \cdot (9.57 - 9) = 0.69 < t_2$$

Разлике у вертикалним угибима шине су испод 1мм. Нема опасности од недозвољеног увртања плоче./ Differences in vertical deflections are less than 1mm. There is to risk for deck twist beyond required limits.

10.6 Ротације крајева плоче/ End rotations

Услов према СРПС ЕН 1990 НА: Максималан угао ротације коловозне конструкције, мерен у оси колосека, од деловања карактеристичних вредности LM71 (помноженог са Ф и α) или деловања разлике температуре ΔTM, не сме да прекорачи следеће граничне вредности (видети слику А2.2 у СРПС ЕН 1990:2012):
Acc to SRPS EN 1990/NA: Max rotation f deck plate measured in track axis, due to LM71 characteristic values (militplied with Φ and α) or temperature difference actions ΔTM, should not exceed values bellow:

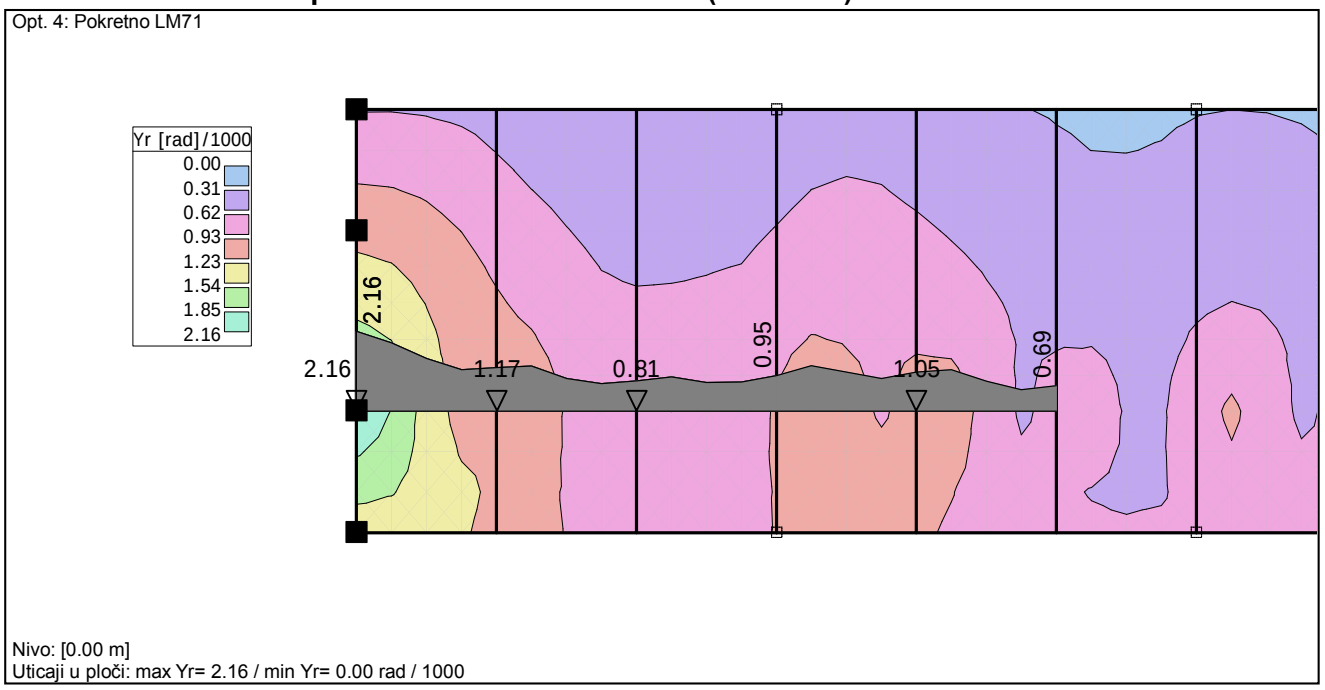


а) за једноколосечне мостове/ for one track bridges:
6,5 × 10–3 на прелазу са моста на насип (θ1, θ3)/between bridge and abutment ,
10 × 10–3 између две суседне мостовске конструкције (θ1, θ2) between two adjacent structures;

б) за вишеколосечне мостове/ for bridges with more than one track:
3,5 × 10–3 на прелазу са моста на насип (θ1, θ3)/ between bridge and abutment ,
5 × 10–3 између две суседне мостовске конструкције(θ1, θ2)/ between two adjacent structures;

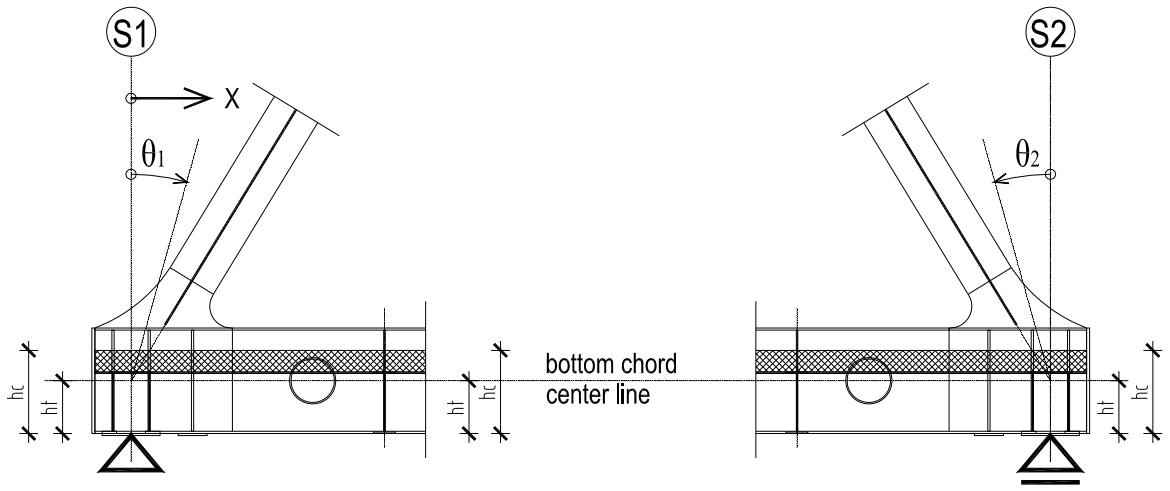
НАПОМЕНА: Код вишеколосечних мостова ротација се рачуна са саобраћајним оптерећењем на једном колосеку.
NOTE: For bridges with more than one truck, only one track should be loaded

Ротације крајева коловозне плоче услед оптерећења на једном колосеку ($rad \cdot 10^{-3}$)/
End rotations of deck plate due to one track loads ($rad \cdot 10^{-3}$)



$$\Phi_3 \cdot \alpha \cdot \theta_{LM\,71} = 1.223 \cdot 1.21 \cdot 2.16 = 3.196 \cdot 10^{-3} rad < 3.5 rad$$

10.7 Хоризонтална померања крајева плоче/ Horisontal deflections of deck plate



Стуб С1/ Abutment 1

Оптерећење/ Load	$\theta_1\,(rad\cdot10^{-3})$	X	Xuk = $\theta_i\cdot h_c + x$
Саобраћајно оптерећење – вертикално Traffic load - vertical	2.69	/	3.23
Темпаратурна промена + Temperature +	/	/	/
Темпаратурна промена – Temperature -	/	/	/

$\delta_{h,\max 1} = 3.23mm$

Стуб С2/ Abutment 2

Оптерећење/ Load	$\theta_2(rad\cdot10^{-3})$	x	Хук = $-\theta_i\cdot(h_c - h_t) + x$
Саобраћајно оптерећење – вертикално Traffic load - vertical	2.69	8.9	+9.48
$\Delta T_{H,con}$ = 54˚C	/	-40.8	-40.8
$\Delta T_{H,exp}$ = 59˚C	/	+44.6	+44.6
Кочење, покретање/ Traction, Braking			±5

$\delta_{h,\max 2} = 59.08mm \quad \delta_{h,\min 2} = -40.8mm$

Према t. 6.5.4.5.2 стандарда EN 1991-2, за максимално хоризонтално померање коловозне конструкције у подужном правцу, не сме прекорачити вредност:

- **δ_X = 8мм** услед шеме корисног оптерећења LM71, у супротном је потребна дилатација у шинама.

Стуб 1: $\delta_{h,LM71} = 3.23mm < 10mm$

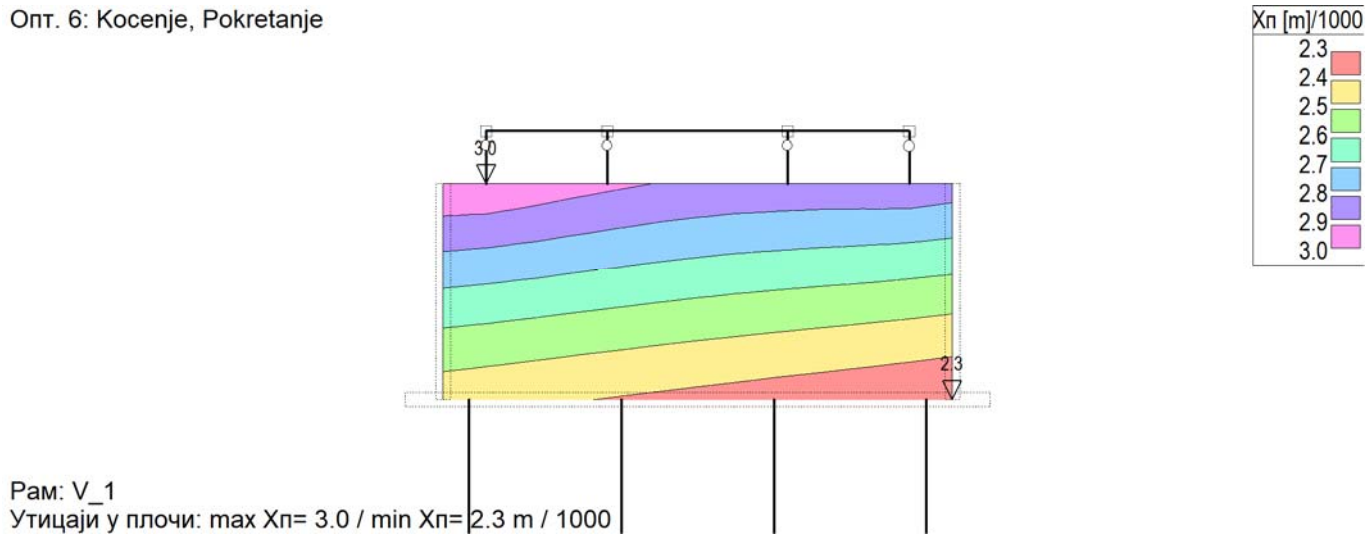
Стуб 2: $\delta_{h,LM71} = 9.48mm > 8mm$ - Потребна је шинска дилатација/ Track exp. joint is necessary

10.8 Релативно хоризонтално померање услед силе кочења и покретања / Relative longitudinal displacement due to traction and braking

Према члану 6.5.4.5.2 стандарда ЕН 1991-2, максимално релативно хоризонтално померање у подужном правцу између коловозне конструкције и опорца, не сме прекорачити вредност:

δ_B = 5mm услед сила кочења односно покретања за континуално заварене шине без дилатационе справе.
Acc to ch. 6.5.4.5.2 of EN 1991-2, max relative horizontal displacement in longitudinal direction , should not exceed:

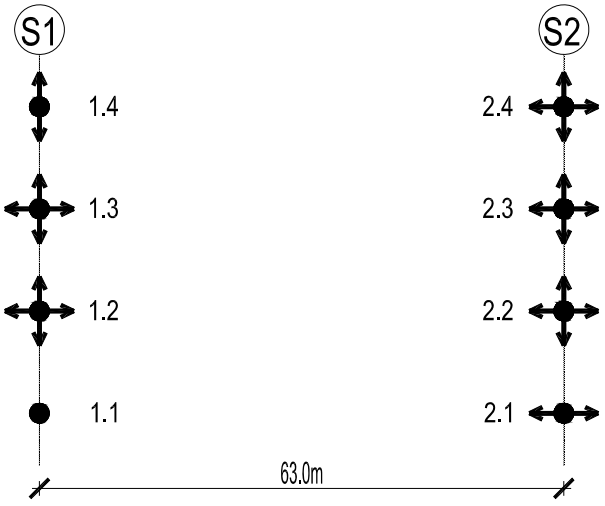
δ_B = 5mm услед сила кочења односно покретања за континуално заварене шине без дилатационе справе на оба краја/ due to traction or braking for CWT without track expansion joints on both ends.



max $\delta_{B,\ стуб}$=1.21x3.0=3.6mm максимално подужно померање стуба услед кочења и покретања воза

max δ_B=3.6mm<5mm → *услов је задовољен / limitation is met*

11. РЕАКЦИЈЕ ОСЛОНАЦА



GK1			
	FX	FY	FZ
1.1	/	/	2211
1.2	/	/	162
1.3	/	/	162
1.4	/	/	2211
2.1	/	/	2211
2.2	/	/	162
2.3	/	/	162
2.4	/	/	2211

GK2			
	FX	FY	FZ
1.1	/	/	2116
1.2	/	/	248
1.3	/	/	248
1.4	/	/	2116
2.1	/	/	2116
2.2	/	/	248
2.3	/	/	248
2.4	/	/	2116

αxLM71			
	FX	FY	FZ
1.1	/	/	3347
1.2	/	/	638
1.3	/	/	638
1.4	/	/	3347
2.1	/	/	3347
2.2	/	/	638
2.3	/	/	638
2.4	/	/	3347

Бочни удар			
	FX	FY	FZ
1.1	/	±242	/
1.2	/	/	/
1.3	/	/	/
1.4	/	/	/
2.1	/	±242	/
2.2	/	/	/
2.3	/	/	/
2.4	/	/	/

Кочење - Покретање			
	FX	FY	FZ
1.1	±595.5	/	/
1.2	/	/	/
1.3	/	/	/
1.4	±595.5	/	/
2.1	/	/	/
2.2	/	/	/
2.3	/	/	/
2.4	/	/	/

Ветар попречни правац- оптерећен мост			
	FX	FY	FZ
1.1	±44	±397	±139
1.2	/	/	±148
1.3	/	/	±148
1.4	±44	/	±139
2.1	/	±382	±116
2.2	/	/	±139
2.3	/	/	±139
2.4	/	/	±116

Температурна промена			
	FX	FY	FZ
1.1	±311.1	±566	±105
1.2	/	/	/
1.3	/	/	/
1.4	±311.1	/	±105
2.1	/	±566	±105
2.2	/	/	/
2.3	/	/	/
2.4	/	/	±105

Сеизмика Aex+0.3(Aey+ Aez)			
	FX	FY	FZ
1.1	±1887	±566	±105
1.2	/	/	/
1.3	/	/	/
1.4	±1887	/	±105
2.1	/	±566	±105
2.2	/	/	/
2.3	/	/	/
2.4	/	/	±105

Сеизмика Aey+0.3(Aex+ Aez)			
	FX	FY	FZ
1.1	±566	±1887	±105
1.2	/	/	/
1.3	/	/	/
1.4	±566	/	±105
2.1	/	±1887	±105
2.2	/	/	/
2.3	/	/	/
2.4	/	/	±105

12. ДОЊИ СТРОЈ МОСТА / SUBSTRUCTURE

Стубови конструкције су преко армиранобетонских наглавних греда висине 2.0m фундирани на бушеним шиповима Ø1200 дужине 17 m.

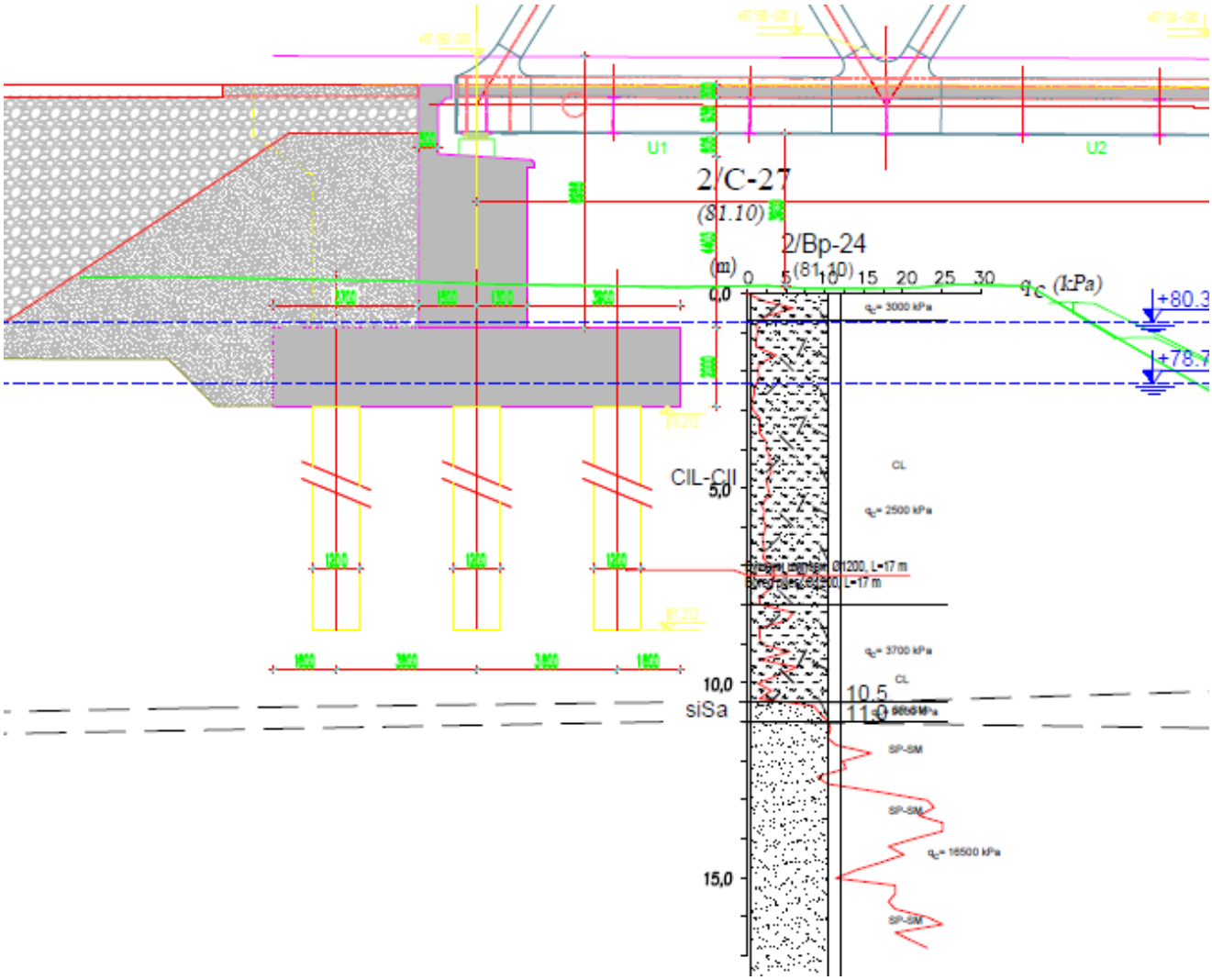
The bridge abutments are founded on piles Ø1200, 17m long, and connected with 2.0 m high pile cap beam.

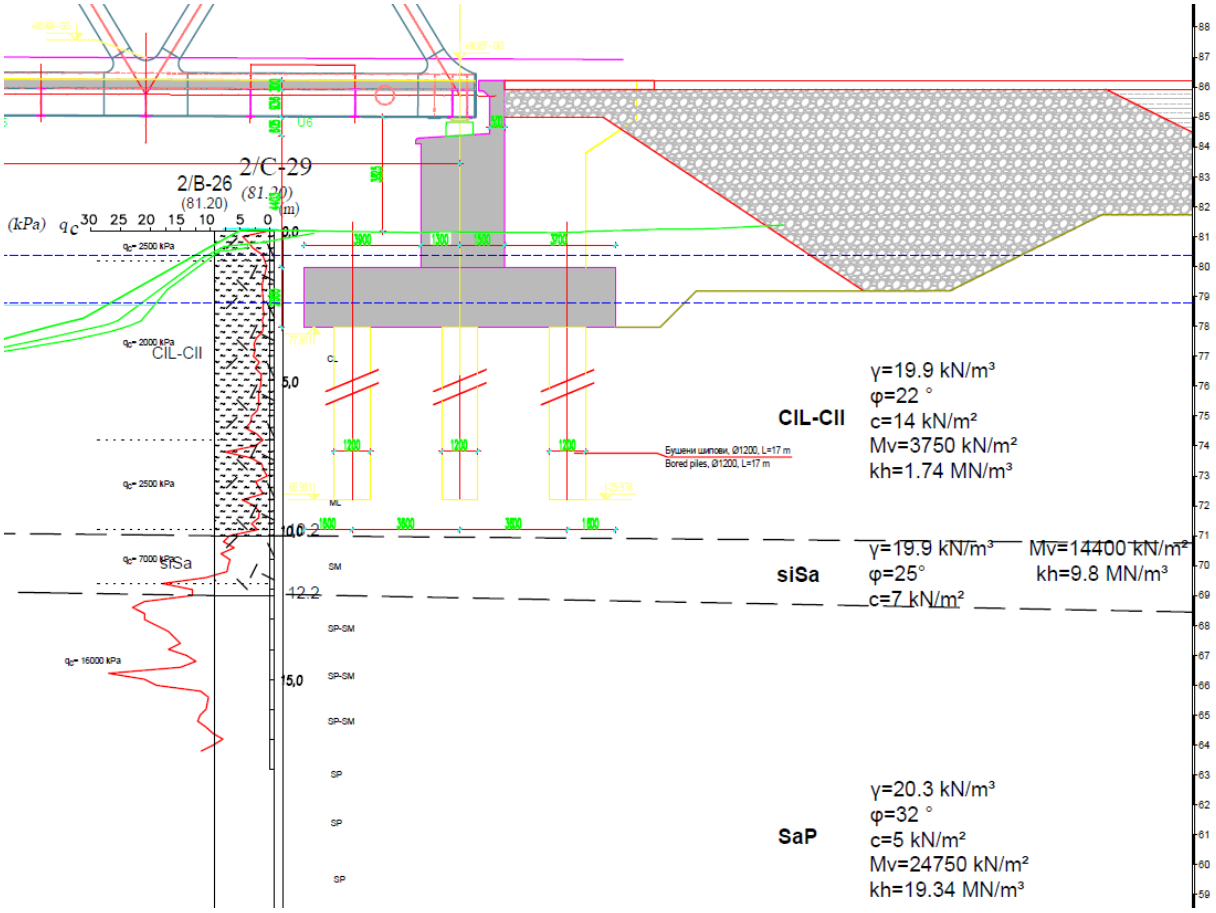
Прорачун статичких утицаја у елементима доњег строја спроведен је у просторном прорачунском моделу. Реактивни отпор тла моделиран је према подацима из Геотехничког елабората.

The structural analysis of a substructure was carried out in the FE model. Reactive soil resistance was modeled according to the data on soil parameters from the Geotechnical Study.

Параметри тла према подацима из Геотехничког елабората

Soil parameters according to Geotechnical Study





Табела 12. Преглед усвојених параметара за стубно место 1 (C1)

Ознака слоја	Дубина (m)	Дебљина (m)	γ (kN/m³)	φ (°)	c (kN/m²)	M_v (MN/m³)	ν	E_s (MN/m³)	E_p (MN/m³)	k_h Весић (MN/m³)	k_h Mayerhof & Baike (MN/m³)
CIL-CII	1.0	1.0	19.9	22	14	3.75	0.4	1.75	30000	0.64	1.74
	8.0	7.0									
	10.8	2.8				5.55		2.59		0.98	2.57
siSa	11.3	0.5	19.9*	25*	7*	14.40	0.3	10.70		4.22	9.80
SaP	40.0	28.7	20.3*	32*	5*	24.75	0.2	22.27		8.86	19.34

*Вредности параметара преузете из Надвожњака на km: 108+115.69 (истражне бушотине CRDC Bn-44 и CRDC Bn-45)

Табела 13. Преглед усвојених параметара за стубно место 2 (C2)

Ознака слоја	Дубина (m)	Дебљина (m)	γ (kN/m³)	φ (°)	c (kN/m²)	M_v (MN/m³)	ν	E_s (MN/m³)	E_p (MN/m³)	k_h Весић (MN/m³)	k_h Mayerhof & Baike (MN/m³)
CIL-CII	0.8	0.8	19.9	22	14	3.75	0.4	1.75	30000	0.64	1.74
	8.0	7.2									
	10.2	2.2				5.55		2.59		0.98	2.57
siSa	12.2	2.0	19.9*	25*	7*	14.40	0.3	10.70		4.22	9.80
SaP	40.0	27.8	20.3*	32*	5*	24.75	0.2	22.27		8.86	19.34

*Вредности параметара преузете из Надвожњака на km: 108+115.69 (истражне бушотине CRDC Bn-44 и CRDC Bn-45)

Коефицијенти хоризонталне крутости тла дуж шипова, као и коефицијенти вертикалне реакције одређени су према подацима из Геотехничког елабората. За статичка и динамичка оптерећења усвојене су бочне крутости према методи Mazerhof&Baike. Оваквим моделирањем добијају се нешто већа померања услед кочења и покретања (прорачун је на страни сигурности). Оваквим моделирањем нису умањене сеизмичке силе, обзиром на то да је одговор конструкције и са статичким бочним крутостима на максималном делу спектралне криве.

The coefficients of the horizontal stiffness of the soil along the piles, as well as the coefficients of the vertical reaction were determined according to the data from the Geotechnical Study. Lateral stiffness of soil acc to Mayerhof&Baike method was used for static and dynamic loads. Such modeling gives higher value of lateral movement due to braking and traction (analysis is on safe side). With such modeling seismic forces are not reduced given the fact that structure response, even with static lateral stiffness, is still on maximum value of spectral curve.

Утицаји у елементима доњег строја, добијени су из тродимензионалног модела конструкције у коме су шипови унети са бочним ослонцима, чиме је моделирана хоризонтална крутост тла.

Forces in the substructure elements are calculated in the 3D model with lateral linear supports on the piles which represent horizontal soil stiffness.

Вертикална крутост ослоната, базе шипа:

Vertical point support, pile base:

$K_3 = N_{dop}/s_{dop}$

K_3=4000/0,02=200000kN/m^3

Усваја се вертикална крутост 2x10^5 kN/m^3

12.1 Обални стуб C1/ Abutment S1

12.1.1 Анализа оптерећења/Actions

Сопствена тежина стубова/Selfweight

Сопствена тежина обалних стубова обухваћена је истоименом командом у оквиру програмског пакета за прорачун статичких утицаја, јер су стубови унети у прорачунски модел са стварним површинама попречног пресека и запреминском тежином бетона од γ=25KN/m^3.

Self-weight of a substructure included with the the self-weight comand. The elements are modeled according to the actual geometry and dimensions, density of concrete is taken as equal to γ=25KN/m^3.

Утицаји пренети са конструкције/ Loads from the superstructure

Сва оптерећења за прорачун главног носача су унета и у просторни модел конструкције за прорачун доњег строја.

All actions used in the calculation of the superstructure are adopted in the FE model for the calculation of the substructure elements.

Притисак земље/ Earth pressure E_d

Хоризонтални притисци тла одређени су у складу са одредбама стандарда СРПС ЕН 1997-1 односно СРПС ЕН 1997-1/НА.

Horizontal earth pressure determined in accordance with the provisions of SRPS EN 1997-1 and SRPS EN 1997-1 / NA.

Висина обалног стуба	H=7.30 m
Запреминска тежина земље	γ=19 kN/m^3
Угао унутрашњег трења насипа	$\phi' = 35°$
Угао нагиба:	β=0

$$\phi_{eff} = \arctan\frac{\tan\phi'}{1{,}25} = \arctan\frac{\tan 35°}{1{,}25} = 29{,}256°$$

Коефицијент притиска тла у миру:

Coefficient of earth pressure at rest :

Ko=1-sinϕ'=0.426

Притисак тла у миру:

Earth pressure at rest:

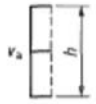
pa=ϒxKoxH=19x6.3x0.426=51.0kN/m2

pa=ϒxKoxH=19x1.9x0.426=15.4kN/m2

Тежина земље/ Soil weight

g_{bf}=19x6.3=119.70kN/m^2

Table C.1 — Ratios v_a/h for non-cohesive soils

Kind of wall movement		v_a/h loose soil %	v_a/h dense soil %
a)		0,4 to 0,5	0,1 to 0,2
b)		0,2	0,05 to 0,1
c)		0,8 to 1,0	0,2 to 0,5
d)		0,4 to 0,5	0,1 to 0,2

where:
v_a is the wall motion to mobilise active earth pressure
h is the height of the wall

Померање потребно да се мобилише активни притисак тла је од 0.1 до 0.2
Рачунско померање је 4.7мм
Necessary movement to mobilize active earth pressure is between 0.1 and 0.2. Design movement is 4.7mm.
$v_a/h=4.7*10^{-3}/6.3*100=0.074$

У прорачуну ће бити узето оптерећење од притиска тла у миру.
Design will be carried out with earth pressure at rest.

Еквивалентно вертикално оптерећење од воза на насипу /Equivalent vertical loading from train for earth pressure

q=52kN/m2

p_q= 0.426x52=22.15 kN/m2

Сеизмичко оптерећење/Seismic actions

Пројектно сеизмичко оптерећење мостова одредиће се еквивалентном линеарном методом за пројектни еластични спектар одговора према поглављу 3.2.2.5 стандарда СРПС ЕН 1998-1, за коефицијент значаја γ_I=1.3 и класу значаја III, а за повратни период T_{NCR}=475 година. Гранични коефицијент β=0.2 (СРПС ЕН 1998-1/НА, Тачка 2.11).

The design seismic load of bridges is determined by the equivalent linear method for the design spectrum for elastic analysis according to Chapter 3.2.2.5 of SRPS EN 1998-1, with importance factor of the bridge γ_I=1.3 and the importance class III, for the reference return period T_{NCR} = 475 years. Lower bound factor for the horizontal design spectrum β=0.2 (SRPS EN 1998-1 / NA, Clause 2.11).

За фактор понашања према препорукама усваја се q=1.0 што одговара еластичном понашању.

Abutments are flexibly connected to the deck therefore behaviour factor q = 1.0, which corresponds to the elastic behavior.

Пројектни спектари за вертикалну компоненту сеизмичког дејства одређен је за S=1.0 и a_{vg}=0.9·a_g (СРПС ЕН 1998-2, 4.1.7 (2)П и (3)П, СРПС ЕН 1998-1, 3.2.2.5(5), СРПС ЕН 1998-1/НА Тачка 2.10). Еквивалентна статичка сеизмичка сила одредиће се применом методе основног мода, уз комбиновање компоненти сеизмичког дејства за три разматрана правца (СРПА ЕН 1998-2, 4.2.2.1 и 4.2.1.4) како је приказано у прорачунским комбинацијама.

For the vertical component of the seismic action the design spectrum is determined for S = 1.0 and a_{vg}=0.9·a_g (SRPS EN 1998-2, 4.1.7 (3) P; SRPS EN 1998-1, 3.2.2.5 (5), SRPS EN 1998 -1/ NA Clause 2.10).

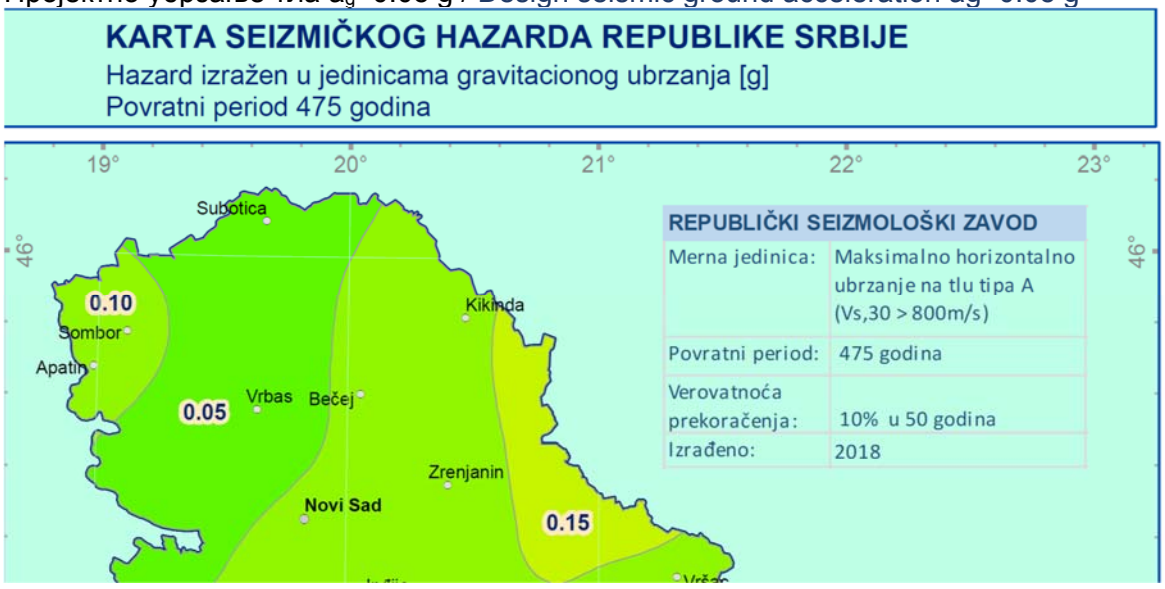
Equivalent static seismic force is determined using the fundamental mode method, combining the components of seismic action for the three considered directions (SRPS EN 1998-2, 4.2.2.1 and 4.2.1.4) as shown in the load combinations.

$$A_{Ed,i} = \gamma_I \cdot A_{Ek,i} = \gamma_I \cdot S_d(T) \cdot G_i$$

У прилогу су подаци из Карте сеизмичког хазарда Републике Србије за повратни период 475 година.

Attached, data from the Seismic hazard map of the Republic Serbia for the return period of 475 years.

Пројектно убрзање тла a_g=0.05·g / Design seismic ground acceleration ag=0.05·g



Фактор понашања q=1.0 – ограничено дуктилно понашање / Behavior factor q=1.0 – limited ductile behavior

- Хоризонтални еластични спектар одговора:/ Horizontal elastic response spectra:

$$S_e(T)=\begin{cases} a_g \cdot S \cdot \left[1+\frac{T}{T_B}\cdot(\eta \cdot 2.5-1)\right]\cdot\frac{1}{q} & za \quad 0 \le T \le T_B \\ a_g \cdot S \cdot \eta \cdot 2.5 \cdot \frac{1}{q} & za \quad T_B \le T \le T_C \\ a_g \cdot S \cdot \eta \cdot 2.5\left[\frac{T_C}{T_D}\right]\cdot\frac{1}{q} & za \quad T_C \le T \le T_D \\ a_g \cdot S \cdot \eta \cdot 2.5\left[\frac{T_C \cdot T_D}{T^2}\right]\cdot\frac{1}{q} & za \quad T_D \le T \le 4s \end{cases}$$

Тип 1 еластичног спектра одговора / **Type 1** elastic response spectra

Тип тла	S	T_B (s)	T_C (s)	T_D (s)
Ц	1.15	0.20	0.60	2.0

- **Маса која осцилује / Mass for seismics**
  - сопствена тежина конструкције моста и стубова / selfweight of the superstructure and abutments
  - додатно стално оптерећење / dead load

Фактори оптерећења за прорачун маса / Load factors for mass calculation

No	Naziv	Koeficijent
1	G (g)	0.50
2	sa konstrukcije	1.00
3	Betonska ploca	1.00
4	Dodtno stalno	1.00
5	LM71 na oba koloseka	0.00

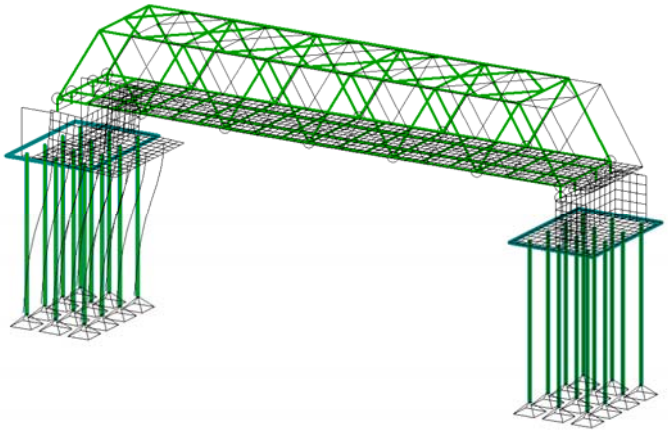
Распоред маса по висини објекта / Mass distribution per levels

Ниво	Z [m]	X [m]	Y [m]	Маса [T]	T/m²
	8.54	64.28	5.28	0.00	
	0.00	64.28	5.28	1840.63	2.77
naglavna greda	-6.70	64.28	5.28	1147.15	3.78
Укупно:	-2.57	64.28	5.28	2987.79	

Подужни правац / Longitudinal direction

Периоди осциловања конструкције/
Natural frequences

No	T [s]	f [Hz]
1	0.4791	2.0874
2	0.2910	3.4366
3	0.1822	5.4872



Изометрија
Форма осциловања: 1/3 [T=0.4791сек / f=2.09Hz]

Tx=0.4791

$S_e(\mathrm{T}) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot \frac{2.5}{q} = 0.05 \cdot 1.15 \cdot 1 \cdot 2.5/1 = 0{,}143$

$A_{Ed,i} = \gamma_I \cdot A_{Ek,i} = \gamma_I \cdot S_d(T) \cdot G_i$

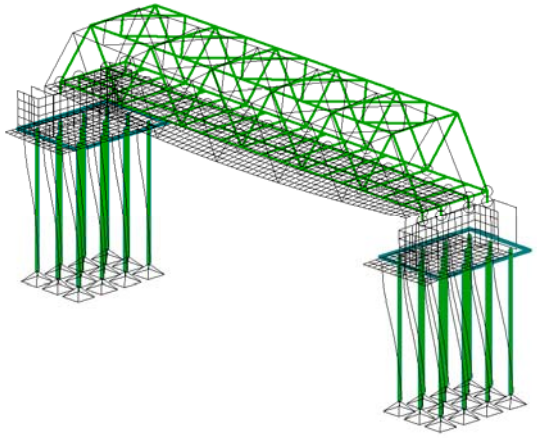
ΣG=16840+4260,85/2=18610,4kN

Sx=1.3x18610.4x0.143=3478 kN

Попречни правац / Transversal direction

Периоди осциловања конструкције/
Natural frequences

No	T [s]	f [Hz]
1	0.4368	2.2893
2	0.3298	3.0318
3	0.1824	5.4824



Изометрија
Форма осциловања: 1/3 [T=0.4368сек / f=2.29Hz]

Ty=0.437

$S_e(\mathrm{T}) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot \frac{2.5}{q} = 0.05 \cdot 1.15 \cdot 1 \cdot 2.5/1 = 0{,}143$

$A_{Ed,i} = \gamma_I \cdot A_{Ek,i} = \gamma_I \cdot S_d(T) \cdot G_i$

ΣG=16840+2x4260,85/2=20740,85kN

Sy =1.3x20740.85x0.143=3876kN

- Вертикални еластични спектар одговора:/ Vertical elastic response spectra:

$$0 \le T \le T_B : S_{ve}(T) = a_{vg} \cdot \left[1 + \frac{T}{T_B} \cdot (\eta \cdot 3{,}0 - 1)\right]$$

$$T_B \le T \le T_C : S_{ve}(T) = a_{vg} \cdot \eta \cdot 3{,}0$$

$$T_C \le T \le T_D : S_{ve}(T) = a_{vg} \cdot \eta \cdot 3{,}0 \left[\frac{T_C}{T}\right]$$

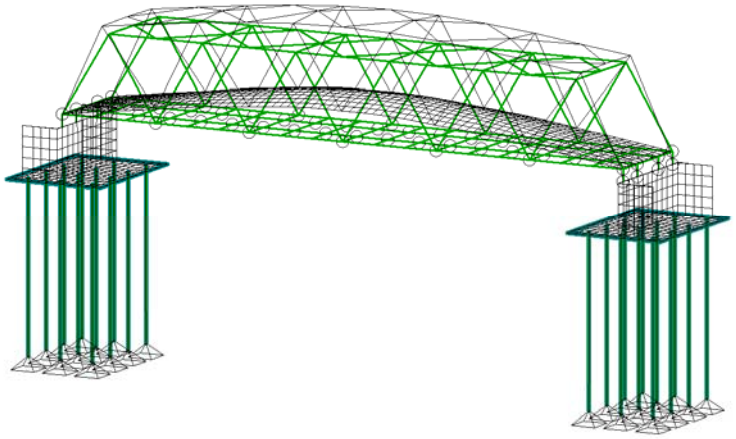
$$T_D \le T \le 4\mathrm{s} : S_{ve}(T) = a_{vg} \cdot \eta \cdot 3{,}0 \left[\frac{T_C \cdot T_D}{T^2}\right]$$

Type 1 еластичног спектра одговора / **Type 1** elastic response spectra

ground types	a_{vg}/a_g	T_B (s)	T_C (s)	T_D (s)
C	0.90	0.05	0.15	1.0

Периоди осциловања конструкције/
Natural frequences

No	T [s]	f [Hz]
1	0.3772	2.6508
2	0.2098	4.7666
3	0.2009	4.9777



Изометрија
Форма осциловања: 1/3 [T=0.3772сек / f=2.65Hz]

Tz=0.3772

$$S_{ve}(\mathrm{T}) = a_{vg} \cdot \eta \cdot 3.0 \left[\frac{T_c}{T}\right] = 0.9 \cdot 0.05 \cdot 1 \cdot 3.0 \left[\frac{0.15}{0.3772}\right] = 0{,}053$$

ΣG=20740,85kN

Sz =1.3x20740.85x0.053=1448kN

Сеизмички притисак тла

Укупна прорачунска сила **E_{Ed}** којом тло делује на укопане стубове срачуната је применом поједностављене анализе (СРПС ЕН 1998-5, Прилог Е). Уколико се статички притисак земље наноси као „активни“онда се користи следећа формула (ЕН1998-5,Прилог Е, Е3):

The total design force acting on the abutments is calculated using a simplified analysis (SRPS EN 1998-5, Annex E). If static earth pressure is applied as "active" then the following formula is used (EN1998-5, Annex E, E3):

$$E_{Ed} = \frac{1}{2} \cdot \gamma^* \cdot (1 \pm k_v) \cdot K_{eff} \cdot H^2 + E_{ws} + E_{wd}$$

СРПС ЕН 1998-5:2004, Прилог Е

H= 8.3 m B= 1 m

γ^*= 20 kN/m^3

φ'= 35 ° = 0.61 rad

γ_{ϕ}'= 1

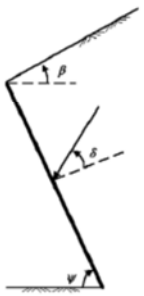
$\phi_d' = \tan^{-1}\left(\frac{\tan\phi'}{\gamma_{\phi'}}\right)$ = 35.00 ° 0.61 rad

δ= 0 ° = 0 rad површине премазане битуменом

$\delta_d = \tan^{-1}\left(\frac{\tan\delta}{\gamma_{\phi'}}\right)$ = 0.00 ° : 0 rad

β= 0 ° = 0 rad

ψ= 90 ° = 1.57 rad



$\alpha = a_g/g$ 0.05

S= 1.15 (СРПС ЕН 1998-1, 3.2.2.2)

r= 1 (СРПС ЕН 1998-5, Табела 7.1)

$$k_h = \frac{\alpha \cdot S}{r} = 0.058 \quad \text{(СРПС ЕН 1998-5, 7.3.2.1; 7.1)}$$

$$k_v = \begin{cases} \pm 0.5\, k_h & \left(\frac{a_{vg}}{a_g} > 0.6\right) \\ \pm 0.33 kh & \left(\frac{a_{vg}}{a_n} \le 0.6\right) \end{cases} \quad \text{(СРПС ЕН 1998-5, 7.3.2.1; 7.2-7.3)}$$

$k_v = 0.029$

a)

$$tg\theta = \frac{k_h}{1+k_v} = \quad 0.056 \quad \rightarrow \quad \theta = \quad 3.20 \quad ^{o} = \quad 0.05583 \text{ rad} \quad \text{(E.6)}$$

(СРПС ЕН 1998-5, Прилог E, E.4)

$$\beta \le \phi'_d - \theta \qquad \rightarrow K = \frac{\sin^2(\psi + \phi'_d - \theta)}{\cos\theta \sin^2\psi \sin(\psi - \theta - \delta_d)\left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi'_d + \delta_d)\sin(\phi'_d - \beta - \theta)}{\sin(\psi - \theta - \delta_d)\sin(\psi + \beta)}}\right]^2} \qquad \text{(E2)}$$

$$\beta > \phi'_d - \theta \qquad \rightarrow K = \frac{\sin^2(\psi + \phi - \theta)}{\cos\theta \sin^2\psi \sin(\psi - \theta - \delta_d)} \qquad \text{(E3)}$$

K= 0.328

$$E_d = \frac{1}{2}\gamma^*(1 \pm kv) K \cdot H^2 + Ews + Ewd = \quad 232.5 \text{ kN/m} \qquad \text{(E1)}$$

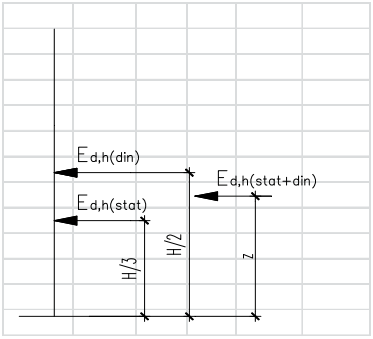
$$a_{Ed} = \frac{1}{2}\gamma^*(1 \pm kv) K \cdot H^2 + Ews + Ewd = \quad 28.012 \text{ kN/m}$$

$$E_{d,h(stat)} = \frac{1}{2} \cdot \gamma' \cdot h^2 \cdot K_a$$

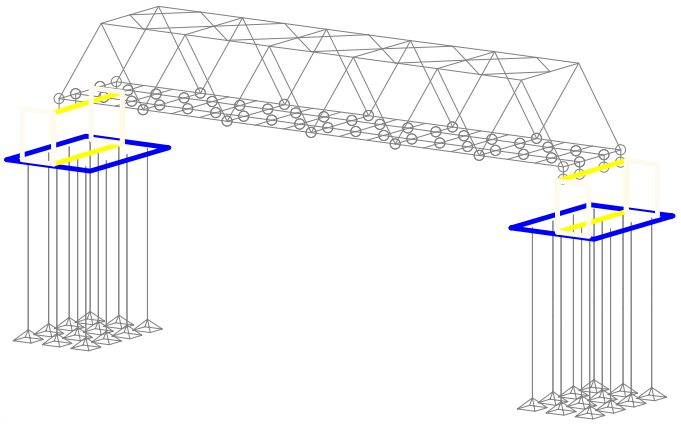
K_a= 0.27 (EN 1997-1:2004 Aneks C, photo C.1.1)

$E_{d,h(stat)}$= 186.0 kN/m

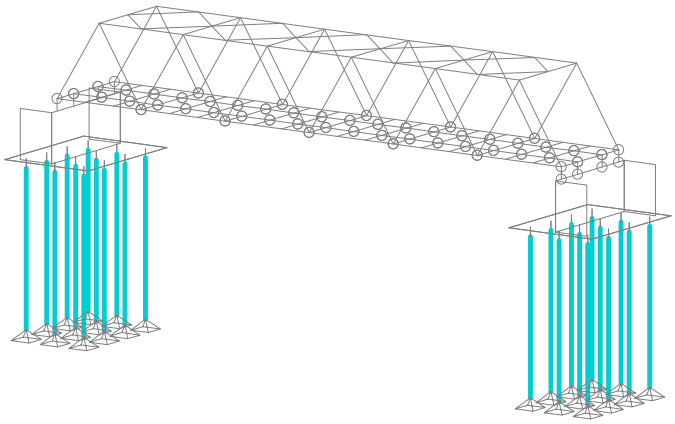
$$E_{d,h(din)} = E_{d,h(stat+din)} - E_{d,h(stat)} = \quad 46.5 \text{ kN/m}$$



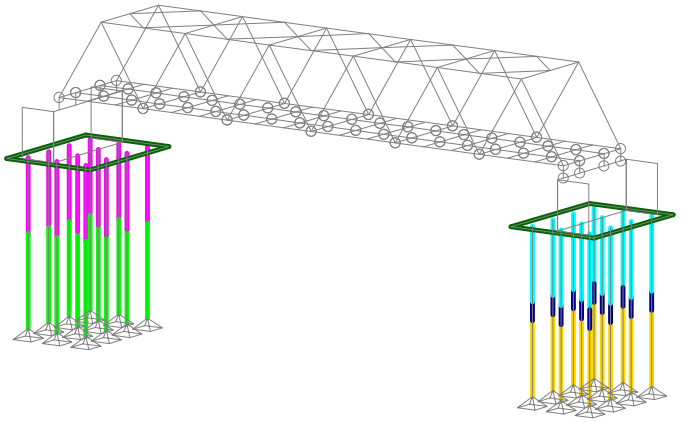
12.1.2 3D модел конструкције / 3D model of the structure



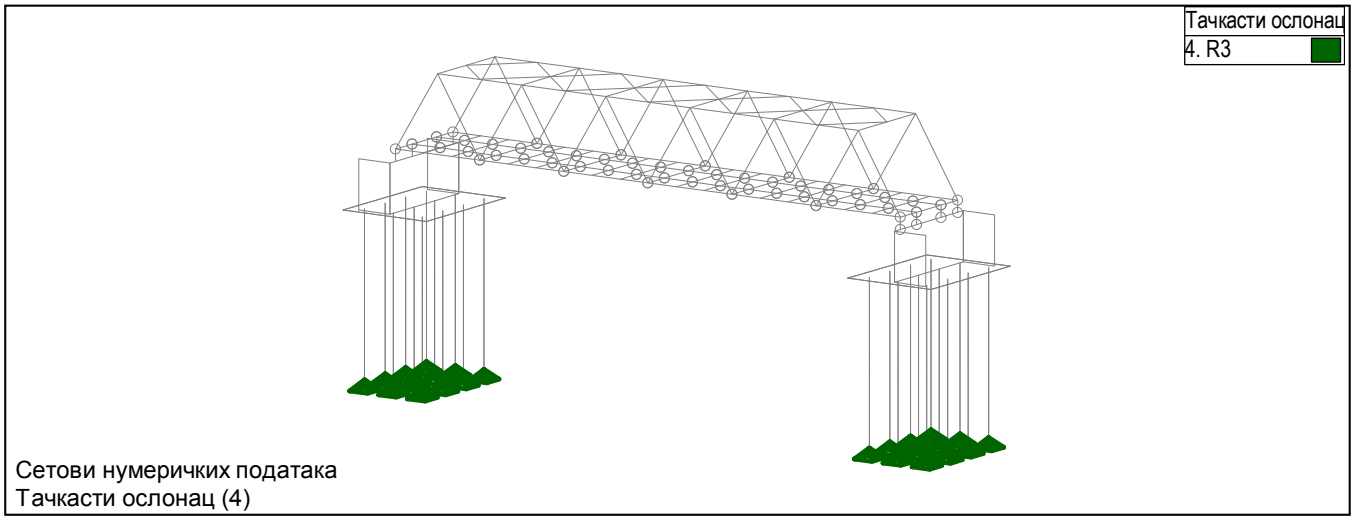
Сетови нумеричких података
Плоча/Зид (1-3)



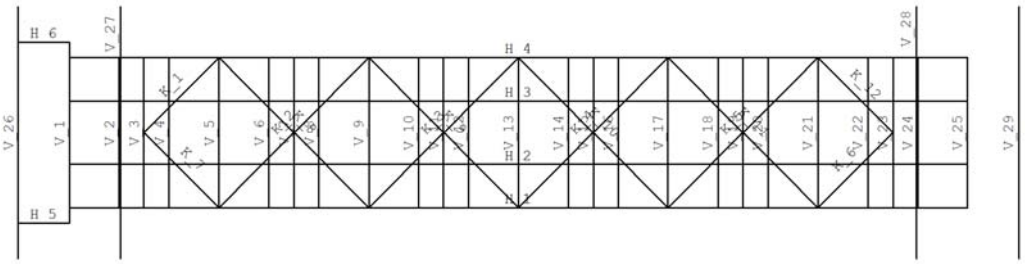
Сетови нумеричких података
Греда (27)



Сетови нумеричких података
Линијски ослонац (4-6,8-10)



Сетови нумеричких података
Тачкасти ослонац (4)



Диспозиција рамова

Табела материјала / Table of materials

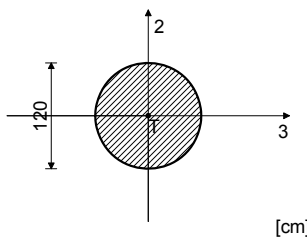
No	Назив материјала	E[kN/m2]	μ	γ[kN/m3]	αt[1/C]	Em[kN/m2]	μm
1	Beton MB 30	3.300e+7	0.20	25.00	1.000e-5	3.300e+7	0.20
2	Celik 8.8	2.100e+8	0.30	0.01	1.000e-5	2.100e+8	0.30
3	Celik 0kg/m3	2.100e+8	0.30	0.00	1.000e-5	2.100e+8	0.30
4	Beton MB 30	3.150e+7	0.20	0.01	1.000e-5	3.150e+7	0.20

Сетови плоча / Slab sets

No	d[m]	e[m]	Материјал	Тип прорачуна	Ортотропија	E2[kN/m2]	G[kN/m2]	α
<1>	2.800	1.400	1	Дебела плоча	Изотропна			
<2>	2.000	1.000	1	Дебела плоча	Изотропна			
<3>	0.400	0.200	1	Танка плоча	Изотропна			

Сетови греда / Beam sets

Сет: 27 Пресек: D=120, Фиктивна ексцентричност



[cm]

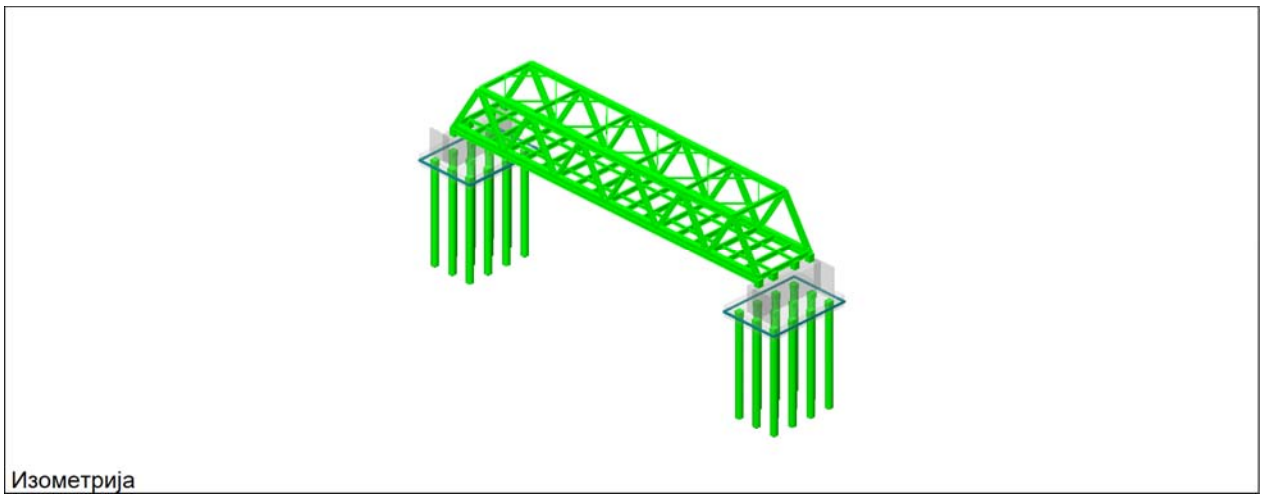
Mat.	A1	A2	A3	I1	I2	I3
4 - Beton MB 35	1.131e+0	1.018e+0	1.018e+0	2.036e-1	1.018e-1	1.018e-1

Сетови линијских ослонаца / Linear support sets

	K,R1	K,R2	K,R3	K,M1	Tlo [m]
4			5.000e+3		
5		1.780e+3	1.780e+3		
6		2.180e+4	2.180e+4		
8		1.420e+3	1.420e+3		
9		7.680e+3	7.680e+3		
10		2.110e+4	2.110e+4		

Сетови тачкастих ослонача / Point support sets

	K,R1	K,R2	K,R3	K,M1	K,M2	K,M3
4			2.000e+5			



Изометрија

12.1.3 Случајеви оптерећења / Load cases

Листа случајева оптерећења / Load cases list

LC	Назив
1	Sopstvena težina stuba (g)
2	Opt sa konstrukcije
3	Betonska ploca
4	Dodtno stalno
5	LM71 na oba koloseka
6	Kocenje, Pokretanje
7	Vetar poprecno
8	Pritisak tla
9	Eaq od saob na nasipu
10	Qsk
11	Zemlja na naglavnici
12	seiz Aek+Aed x pravac
13	seiz Aek+Aed y pravac
14	seiz Aek+Aed z pravac
15	seiz pritisak tla

Меродавне комбинације оптерећења за контролу граничних стања носивости / ULS load combinations

16 Комб.: I+II+III+IV+1.75xV+1.75xVI+1.12xVII+1.5xVIII+1.5xIX+0.88xX+XI
17 Комб.: I+II+III+IV+1.75xV-1.75xVI+1.12xVII+1.5xVIII+1.5xIX+0.88xX+XI
18 Комб.: I+II+III+IV+1.75xV+1.75xVI-1.12xVII+1.5xVIII+1.5xIX+0.88xX+XI
19 Комб.: I+II+III+IV+1.75xV-1.75xVI-1.12xVII+1.5xVIII+1.5xIX+0.88xX+XI
20 Комб.: I+II+III+IV+1.75xV+1.75xVI+1.12xVII+1.5xVIII+1.5xIX-0.88xX+XI
21 Комб.: I+II+III+IV+1.75xV-1.75xVI+1.12xVII+1.5xVIII+1.5xIX-0.88xX+XI
22 Комб.: I+II+III+IV+1.75xV+1.75xVI-1.12xVII+1.5xVIII+1.5xIX-0.88xX+XI
23 Комб.: I+II+III+IV+1.75xV-1.75xVI-1.12xVII+1.5xVIII+1.5xIX-0.88xX+XI
24 Комб.: I+II+III+IV+1.75xV+1.12xVII+1.5xVIII+1.5xIX+0.88xX+XI
25 Комб.: I+II+III+IV+1.75xV-1.12xVII+1.5xVIII+1.5xIX+0.88xX+XI
26 Комб.: I+II+III+IV+1.75xV+1.12xVII+1.5xVIII+1.5xIX-0.88xX+XI
27 Комб.: I+II+III+IV+1.75xV-1.12xVII+1.5xVIII+1.5xIX-0.88xX+XI
28 Комб.: I+II+III+IV+1.75xV+1.75xVI+1.5xVIII+1.5xIX+0.88xX+XI
29 Комб.: I+II+III+IV+1.75xV-1.75xVI+1.5xVIII+1.5xIX+0.88xX+XI
30 Комб.: I+II+III+IV+1.75xV+1.75xVI+1.5xVIII+1.5xIX-0.88xX+XI
31 Комб.: I+II+III+IV+1.75xV-1.75xVI+1.5xVIII+1.5xIX-0.88xX+XI
32 Комб.: I+II+III+IV+1.75xV+1.75xVI+1.12xVII+1.5xVIII+1.5xIX+XI
33 Комб.: I+II+III+IV+1.75xV-1.75xVI+1.12xVII+1.5xVIII+1.5xIX+XI
34 Комб.: I+II+III+IV+1.75xV+1.75xVI-1.12xVII+1.5xVIII+1.5xIX+XI
35 Комб.: I+II+III+IV+1.75xV-1.75xVI-1.12xVII+1.5xVIII+1.5xIX+XI
36 Комб.: I+II+III+IV+1.75xV+1.5xVIII+1.5xIX+0.88xX+XI
37 Комб.: I+II+III+IV+1.75xV+1.5xVIII+1.5xIX-0.88xX+XI
38 Комб.: I+II+III+IV+1.75xV+1.12xVII+1.5xVIII+0.88xX+XI
39 Комб.: I+II+III+IV+1.75xV-1.12xVII+1.5xVIII+0.88xX+XI
40 Комб.: I+II+III+IV+1.75xV+1.12xVII+1.5xVIII-0.88xX+XI
41 Комб.: I+II+III+IV+1.75xV-1.12xVII+1.5xVIII-0.88xX+XI
42 Комб.: I+II+III+IV+1.75xV+1.12xVII+1.5xVIII+1.5xIX+XI
43 Комб.: I+II+III+IV+1.75xV-1.12xVII+1.5xVIII+1.5xIX+XI
44 Комб.: I+II+III+IV+1.75xV+1.75xVI+1.5xVIII+1.5xIX+XI
45 Комб.: I+II+III+IV+1.75xV-1.75xVI+1.5xVIII+1.5xIX+XI
46 Комб.: I+II+III+IV+1.75xV+1.5xVIII+0.88xX+XI
47 Комб.: I+II+III+IV+1.75xV+1.5xVIII-0.88xX+XI
48 Комб.: I+II+III+IV+1.75xV+1.5xVIII+1.5xIX+XI
49 Комб.: I+II+III+IV+1.75xV+1.12xVII+1.5xVIII+XI

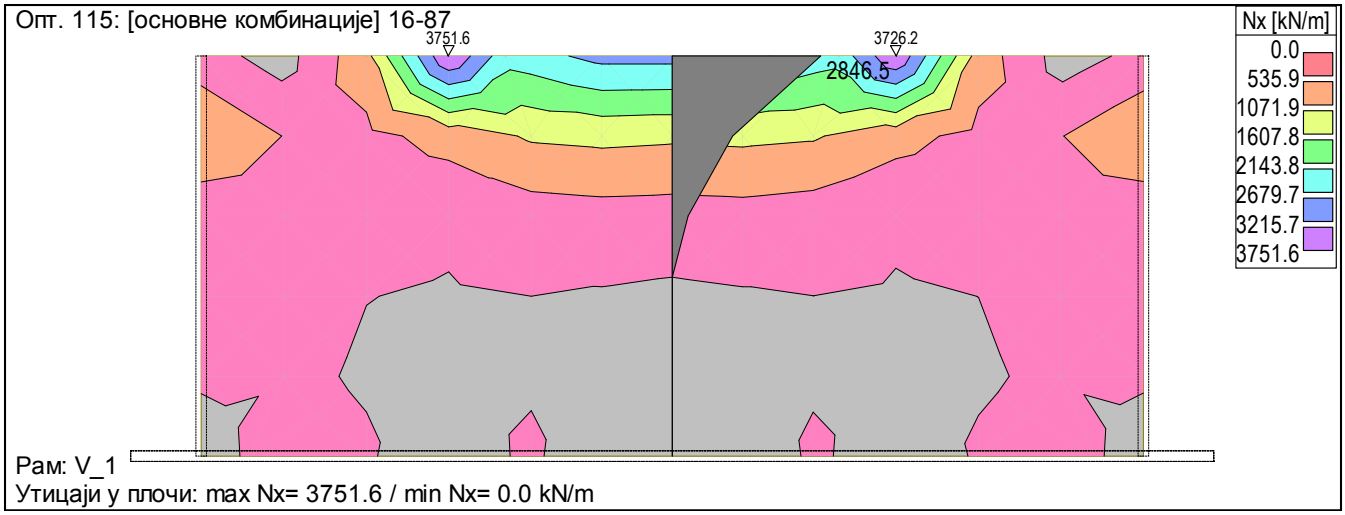
50 Комб.: I+II+III+IV+1.75xV-1.12xVII+1.5xVIII+XI
51 Комб.: I+II+III+IV+1.75xV+1.5xVIII+XI
52 Комб.: 1.35xI+1.35xII+1.35xIII+1.35xIV+1.75xV+1.75xVI+1.12xVII+1.5xVIII+1.5xIX+0.88xX+1.35xXI
53 Комб.: 1.35xI+1.35xII+1.35xIII+1.35xIV+1.75xV-1.75xVI+1.12xVII+1.5xVIII+1.5xIX+0.88xX+1.35xXI
54 Комб.: 1.35xI+1.35xII+1.35xIII+1.35xIV+1.75xV+1.75xVI-1.12xVII+1.5xVIII+1.5xIX+0.88xX+1.35xXI
55 Комб.: 1.35xI+1.35xII+1.35xIII+1.35xIV+1.75xV-1.75xVI-1.12xVII+1.5xVIII+1.5xIX+0.88xX+1.35xXI
56 Комб.: 1.35xI+1.35xII+1.35xIII+1.35xIV+1.75xV+1.75xVI+1.12xVII+1.5xVIII+1.5xIX-0.88xX+1.35xXI
57 Комб.: 1.35xI+1.35xII+1.35xIII+1.35xIV+1.75xV-1.75xVI+1.12xVII+1.5xVIII+1.5xIX-0.88xX+1.35xXI
58 Комб.: 1.35xI+1.35xII+1.35xIII+1.35xIV+1.75xV+1.75xVI-1.12xVII+1.5xVIII+1.5xIX-0.88xX+1.35xXI
59 Комб.: 1.35xI+1.35xII+1.35xIII+1.35xIV+1.75xV-1.75xVI-1.12xVII+1.5xVIII+1.5xIX-0.88xX+1.35xXI
60 Комб.: 1.35xI+1.35xII+1.35xIII+1.35xIV+1.75xV+1.12xVII+1.5xVIII+1.5xIX+0.88xX+1.35xXI
61 Комб.: 1.35xI+1.35xII+1.35xIII+1.35xIV+1.75xV-1.12xVII+1.5xVIII+1.5xIX+0.88xX+1.35xXI
62 Комб.: 1.35xI+1.35xII+1.35xIII+1.35xIV+1.75xV+1.12xVII+1.5xVIII+1.5xIX-0.88xX+1.35xXI
63 Комб.: 1.35xI+1.35xII+1.35xIII+1.35xIV+1.75xV-1.12xVII+1.5xVIII+1.5xIX-0.88xX+1.35xXI
64 Комб.: 1.35xI+1.35xII+1.35xIII+1.35xIV+1.75xV+1.75xVI+1.5xVIII+1.5xIX+0.88xX+1.35xXI
65 Комб.: 1.35xI+1.35xII+1.35xIII+1.35xIV+1.75xV-1.75xVI+1.5xVIII+1.5xIX+0.88xX+1.35xXI
66 Комб.: 1.35xI+1.35xII+1.35xIII+1.35xIV+1.75xV+1.75xVI+1.5xVIII+1.5xIX-0.88xX+1.35xXI
67 Комб.: 1.35xI+1.35xII+1.35xIII+1.35xIV+1.75xV-1.75xVI+1.5xVIII+1.5xIX-0.88xX+1.35xXI
68 Комб.: 1.35xI+1.35xII+1.35xIII+1.35xIV+1.75xV+1.75xVI+1.12xVII+1.5xVIII+1.5xIX+1.35xXI
69 Комб.: 1.35xI+1.35xII+1.35xIII+1.35xIV+1.75xV-1.75xVI+1.12xVII+1.5xVIII+1.5xIX+1.35xXI
70 Комб.: 1.35xI+1.35xII+1.35xIII+1.35xIV+1.75xV+1.75xVI-1.12xVII+1.5xVIII+1.5xIX+1.35xXI
71 Комб.: 1.35xI+1.35xII+1.35xIII+1.35xIV+1.75xV-1.75xVI-1.12xVII+1.5xVIII+1.5xIX+1.35xXI
72 Комб.: 1.35xI+1.35xII+1.35xIII+1.35xIV+1.75xV+1.5xVIII+1.5xIX+0.88xX+1.35xXI
73 Комб.: 1.35xI+1.35xII+1.35xIII+1.35xIV+1.75xV+1.5xVIII+1.5xIX-0.88xX+1.35xXI
74 Комб.: 1.35xI+1.35xII+1.35xIII+1.35xIV+1.75xV+1.12xVII+1.5xVIII+0.88xX+1.35xXI
75 Комб.: 1.35xI+1.35xII+1.35xIII+1.35xIV+1.75xV-1.12xVII+1.5xVIII+0.88xX+1.35xXI
76 Комб.: 1.35xI+1.35xII+1.35xIII+1.35xIV+1.75xV+1.12xVII+1.5xVIII-0.88xX+1.35xXI
77 Комб.: 1.35xI+1.35xII+1.35xIII+1.35xIV+1.75xV-1.12xVII+1.5xVIII-0.88xX+1.35xXI
78 Комб.: 1.35xI+1.35xII+1.35xIII+1.35xIV+1.75xV+1.12xVII+1.5xVIII+1.5xIX+1.35xXI
79 Комб.: 1.35xI+1.35xII+1.35xIII+1.35xIV+1.75xV-1.12xVII+1.5xVIII+1.5xIX+1.35xXI
80 Комб.: 1.35xI+1.35xII+1.35xIII+1.35xIV+1.75xV+1.75xVI+1.5xVIII+1.5xIX+1.35xXI
81 Комб.: 1.35xI+1.35xII+1.35xIII+1.35xIV+1.75xV-1.75xVI+1.5xVIII+1.5xIX+1.35xXI
82 Комб.: 1.35xI+1.35xII+1.35xIII+1.35xIV+1.75xV+1.5xVIII+0.88xX+1.35xXI
83 Комб.: 1.35xI+1.35xII+1.35xIII+1.35xIV+1.75xV+1.5xVIII-0.88xX+1.35xXI
84 Комб.: 1.35xI+1.35xII+1.35xIII+1.35xIV+1.75xV+1.5xVIII+1.5xIX+1.35xXI
85 Комб.: 1.35xI+1.35xII+1.35xIII+1.35xIV+1.75xV+1.12xVII+1.5xVIII+1.35xXI
86 Комб.: 1.35xI+1.35xII+1.35xIII+1.35xIV+1.75xV-1.12xVII+1.5xVIII+1.35xXI
87 Комб.: 1.35xI+1.35xII+1.35xIII+1.35xIV+1.75xV+1.5xVIII+1.35xXI
88 Комб.: I+II+III+IV+XII+0.3xXIII+0.3xXIV+XV
89 Комб.: I+II+III+IV+XII-0.3xXIII+0.3xXIV+XV
90 Комб.: I+II+III+IV+XII+0.3xXIII-0.3xXIV+XV
91 Комб.: I+II+III+IV+XII-0.3xXIII-0.3xXIV+XV
92 Комб.: I+II+III+IV+XII+0.3xXIV+XV
93 Комб.: I+II+III+IV+XII-0.3xXIV+XV
94 Комб.: I+II+III+IV+XII+0.3xXIII+XV
95 Комб.: I+II+III+IV+XII-0.3xXIII+XV
96 Комб.: I+II+III+IV+XII+XV
97 Комб.: I+II+III+IV+0.3xXII+XIII+0.3xXIV+0.3xXV
98 Комб.: I+II+III+IV+0.3xXII-1xXIII+0.3xXIV+0.3x XV
99 Комб.: I+II+III+IV+0.3xXII+XIII-0.3xXIV+0.3x XV
100 Комб.: I+II+III+IV+0.3xXII-1xXIII-0.3xXIV+0.3x XV
101 Комб.: I+II+III+IV+XIII+0.3xXIV
102 Комб.: I+II+III+IV-1xXIII+0.3xXIV
103 Комб.: I+II+III+IV+XIII-0.3xXIV
104 Комб.: I+II+III+IV-1xXIII-0.3xXIV
105 Комб.: I+II+III+IV+0.3xXII+XIII+0.3x XV
106 Комб.: I+II+III+IV+0.3xXII-1xXIII+X0.3x V
107 Комб.: I+II+III+IV+XIII+XV
108 Комб.: I+II+III+IV-1xXIII+XV
109 Комб.: I+II+III+IV+XIII+0.3xXIV
110 Комб.: I+II+III+IV-1xXIII+0.3xXIV
111 Комб.: I+II+III+IV+XIII-0.3xXIV
112 Комб.: I+II+III+IV-1xXIII-0.3xXIV
113 Комб.: I+II+III+IV+XIII
114 Комб.: I+II+III+IV-1xXIII

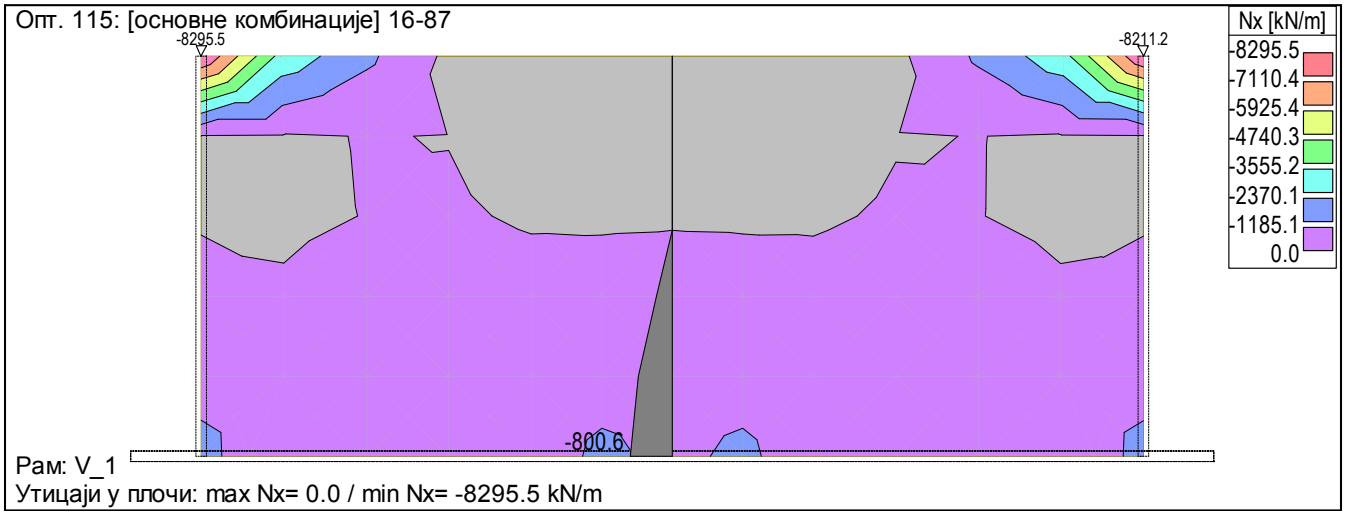
Меродавне комбинације оптерећења за контролу граничних стања употребљивости/ SLS load combinations

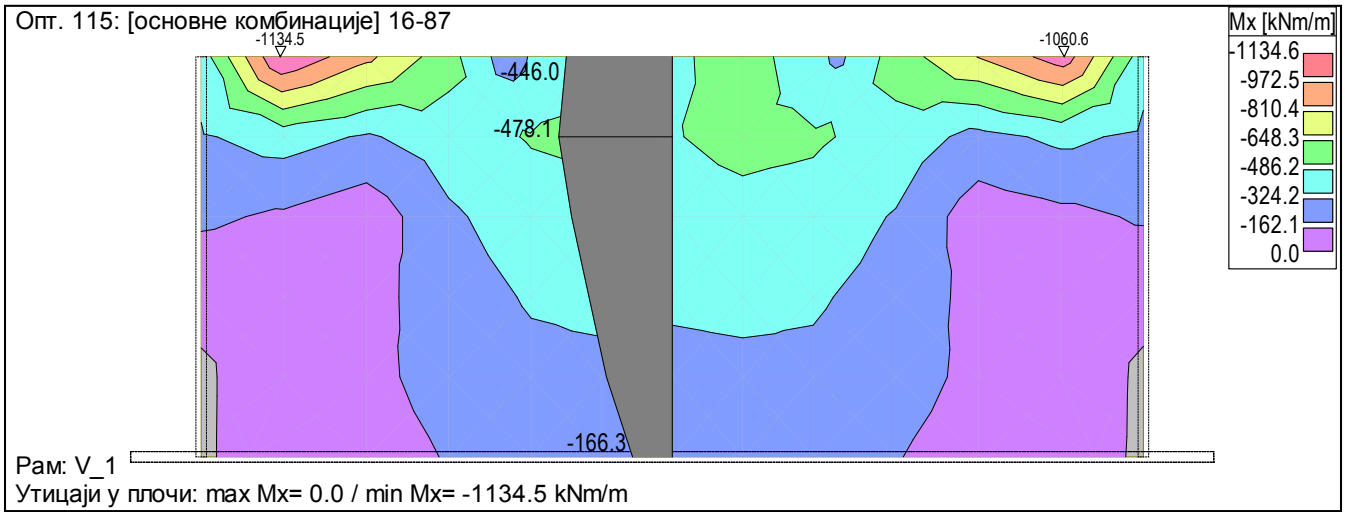
16 Комб.: I+II+III+IV+1.21xV+1.21xVI+VII+VIII+IX+0.6xX+XI
17 Комб.: I+II+III+IV+1.21xV-1.21xVI+VII+VIII+IX+0.6xX+XI
18 Комб.: I+II+III+IV+1.21xV+1.21xVI-1xVII+VIII+IX+0.6xX+XI
19 Комб.: I+II+III+IV+1.21xV-1.21xVI-1xVII+VIII+IX+0.6xX+XI

20 Комб.: I+II+III+IV+1.21xV+1.21xVI+VII+VIII+IX+0.6xX+XI
21 Комб.: I+II+III+IV+1.21xV-1.21xVI+VII+VIII+IX+0.6xX+XI
22 Комб.: I+II+III+IV+1.21xV+1.21xVI-1xVII+VIII+IX+0.6xX+XI
23 Комб.: I+II+III+IV+1.21xV-1.21xVI-1xVII+VIII+IX+0.6xX+XI
24 Комб.: I+II+III+IV+1.21xV+1.21xVI+VIII+IX+0.6xX+XI
25 Комб.: I+II+III+IV+1.21xV-1.21xVI+VIII+IX+0.6xX+XI
26 Комб.: I+II+III+IV+1.21xV+1.21xVI+VIII+IX+0.6xX+XI
27 Комб.: I+II+III+IV+1.21xV-1.21xVI+VIII+IX+0.6xX+XI
28 Комб.: I+II+III+IV+1.21xV+1.21xVI+VII+VIII+0.6xX+XI
29 Комб.: I+II+III+IV+1.21xV-1.21xVI+VII+VIII+0.6xX+XI
30 Комб.: I+II+III+IV+1.21xV+1.21xVI-1xVII+VIII+0.6xX+XI
31 Комб.: I+II+III+IV+1.21xV-1.21xVI-1xVII+VIII+0.6xX+XI
32 Комб.: I+II+III+IV+1.21xV+1.21xVI+VII+VIII+0.6xX+XI
33 Комб.: I+II+III+IV+1.21xV-1.21xVI+VII+VIII+0.6xX+XI
34 Комб.: I+II+III+IV+1.21xV+1.21xVI-1xVII+VIII+0.6xX+XI
35 Комб.: I+II+III+IV+1.21xV-1.21xVI-1xVII+VIII+0.6xX+XI
36 Комб.: I+II+III+IV+1.21xV+VII+VIII+IX+XI
37 Комб.: I+II+III+IV+1.21xV-1xVII+VIII+IX+XI
38 Комб.: I+II+III+IV+1.21xV+VII+VIII+IX+XI
39 Комб.: I+II+III+IV+1.21xV-1xVII+VIII+IX+XI
40 Комб.: I+II+III+IV+1.21xV+1.21xVI+VIII+0.6xX+XI
41 Комб.: I+II+III+IV+1.21xV-1.21xVI+VIII+0.6xX+XI
42 Комб.: I+II+III+IV+1.21xV+1.21xVI+VIII+0.6xX+XI
43 Комб.: I+II+III+IV+1.21xV-1.21xVI+VIII+0.6xX+XI
44 Комб.: I+II+III+IV+1.21xV+VIII+IX+XI
45 Комб.: I+II+III+IV+1.21xV+VIII+IX+XI
46 Комб.: I+II+III+IV+1.21xV+VII+VIII+XI
47 Комб.: I+II+III+IV+1.21xV-1xVII+VIII+XI
48 Комб.: I+II+III+IV+1.21xV+VII+VIII+XI
49 Комб.: I+II+III+IV+1.21xV-1xVII+VIII+XI
50 Комб.: I+II+III+IV+VII+VIII+XI
51 Комб.: I+II+III+IV-1xVII+VIII+XI
52 Комб.: I+II+III+IV+VII+VIII+XI
53 Комб.: I+II+III+IV-1xVII+VIII+XI
54 Комб.: I+II+III+IV+1.21xV+VIII+XI
55 Комб.: I+II+III+IV+1.21xV+VIII+XI
56 Комб.: I+II+III+IV+VIII+XI
57 Комб.: I+II+III+IV+VIII+XI
58 Комб.: I+II+III+IV+XII+0.3xXIII+0.3xXIV+XV
59 Комб.: I+II+III+IV+XII-0.3xXIII+0.3xXIV+XV
60 Комб.: I+II+III+IV+XII+0.3xXIII-0.3xXIV+XV
61 Комб.: I+II+III+IV+XII-0.3xXIII-0.3xXIV+XV
62 Комб.: I+II+III+IV+XII+0.3xXIV+XV
63 Комб.: I+II+III+IV+XII-0.3xXIV+XV
64 Комб.: I+II+III+IV+XII+0.3xXIII+XV
65 Комб.: I+II+III+IV+XII-0.3xXIII+XV
66 Комб.: I+II+III+IV+XII+XV
67 Комб.: I+II+III+IV+0.3xXII+XIII+0.3xXIV+0.3xXV
68 Комб.: I+II+III+IV-0.3xXII+XIII+0.3xXIV+0.3xXV
69 Комб.: I+II+III+IV+0.3xXII-1xXIII+0.3xXIV+X0.3xV
70 Комб.: I+II+III+IV-0.3xXII-1xXIII+0.3xXIV+0.3xXV
71 Комб.: I+II+III+IV+0.3xXII+XIII-0.3xXIV+0.3xXV
72 Комб.: I+II+III+IV-0.3xXII+XIII-0.3xXIV+0.3xXV
73 Комб.: I+II+III+IV+0.3xXII-1xXIII-0.3xXIV+0.3xXV
74 Комб.: I+II+III+IV-0.3xXII-1xXIII-0.3xXIV+0.3xXV
75 Комб.: I+II+III+IV+XIII+0.3xXIV
76 Комб.: I+II+III+IV-1xXIII+0.3xXIV
77 Комб.: I+II+III+IV+XIII-0.3xXIV
78 Комб.: I+II+III+IV-1xXIII-0.3xXIV
79 Комб.: I+II+III+IV+0.3xXII+XIII+0.3xXV
80 Комб.: I+II+III+IV-0.3xXII+XIII+0.3xXV
81 Комб.: I+II+III+IV+0.3xXII-1xXIII+0.3xXV
82 Комб.: I+II+III+IV-0.3xXII-1xXIII+0.3xXV
83 Комб.: I+II+III+IV+XIII+XV
84 Комб.: I+II+III+IV-1xXIII+XV
85 Комб.: I+II+III+IV+XIII+0.3xXIV
86 Комб.: I+II+III+IV-1xXIII+0.3xXIV
87 Комб.: I+II+III+IV+XIII-0.3xXIV
88 Комб.: I+II+III+IV-1xXIII-0.3xXIV
89 Комб.: I+II+III+IV+XIII
90 Комб.: I+II+III+IV-1xXIII

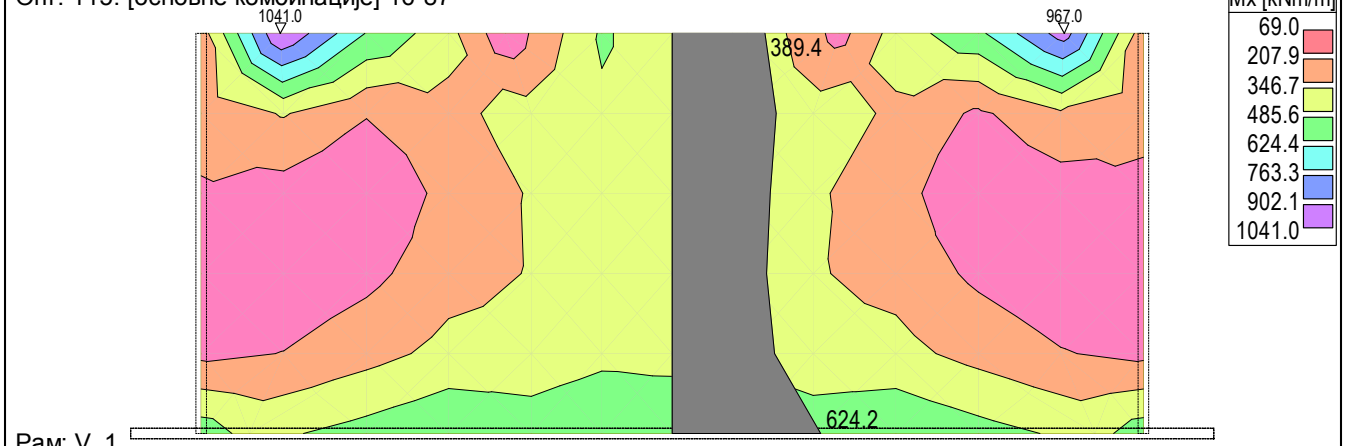
12.1.4 Статички утицаји у стубу C1 и крилним зидовима/ Internal forces and moments in abutment and wing wall S1





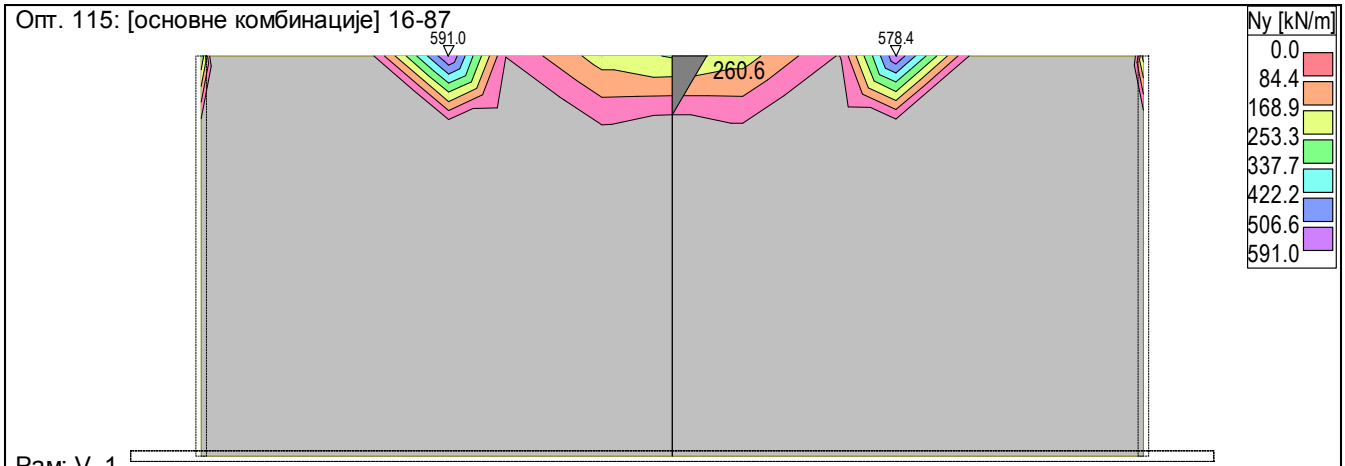


Опт. 115: [основне комбинације] 16-87



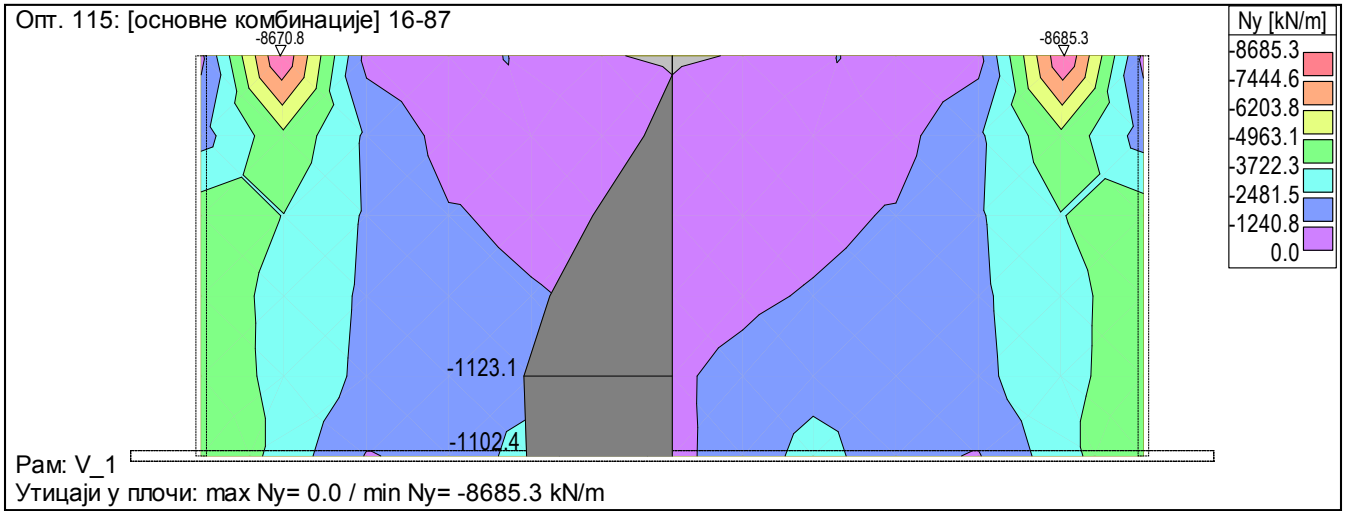
Рам: V_1
Утицаји у плочи: max Mx= 1041.0 / min Mx= 69.0 kNm/m

Опт. 115: [основне комбинације] 16-87



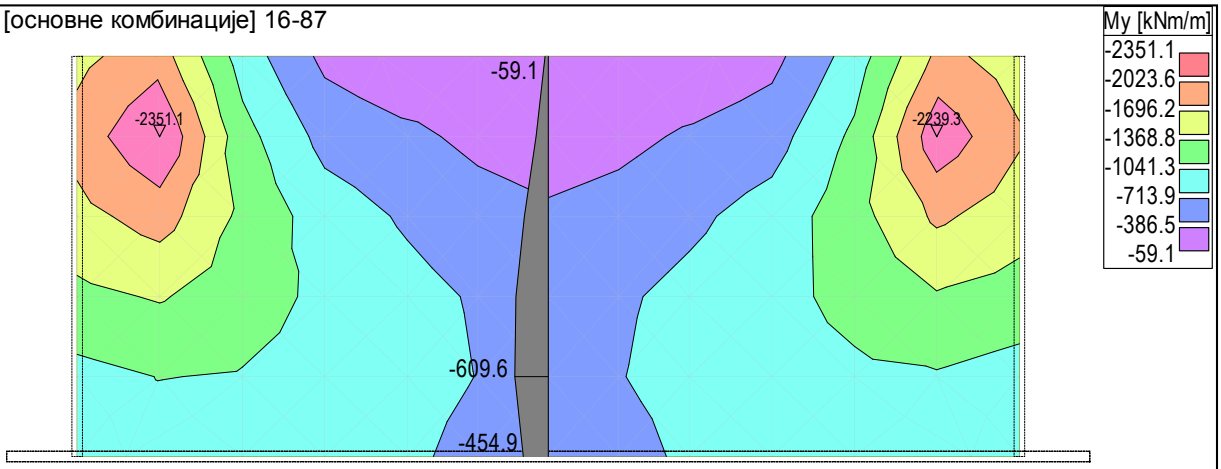
Рам: V_1
Утицаји у плочи: max Ny= 591.0 / min Ny= 0.0 kN/m

Опт. 115: [основне комбинације] 16-87



Рам: V_1
Утицаји у плочи: max Ny= 0.0 / min Ny= -8685.3 kN/m

Опт. 115: [основне комбинације] 16-87

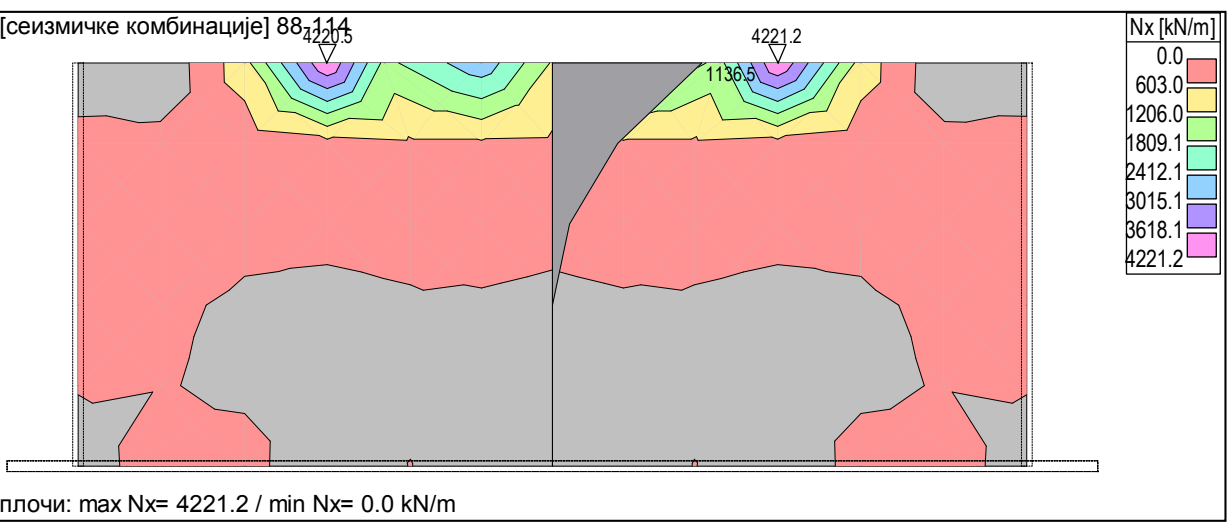


Рам: V_1
Утицаји у плочи: max My= -59.1 / min My= -2351.1 kNm/m

Опт. 115: [основне комбинације] 16-87

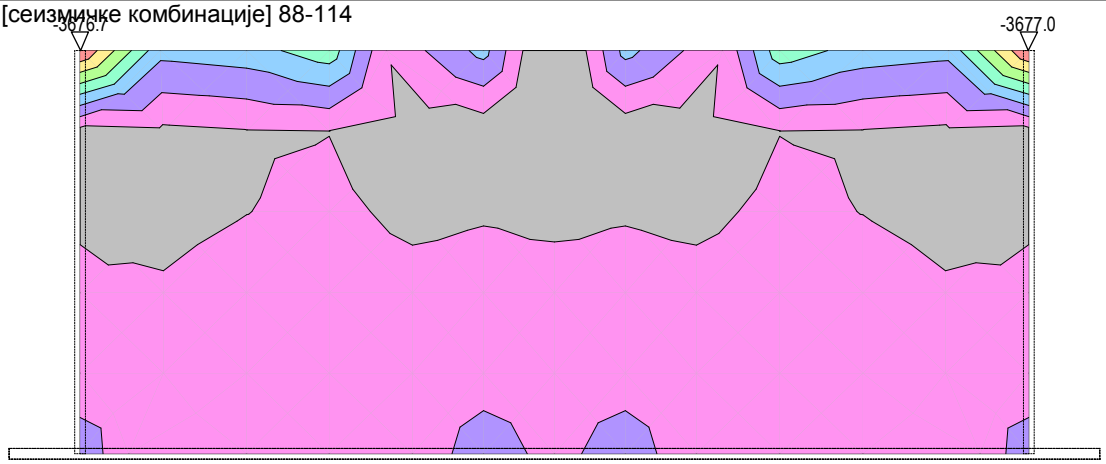
Рам: V_1
Утицаји у плочи: max My= 3944.0 / min My= 59.7 kNm/m

Опт. 116: [сеизмичке комбинације] 88-114



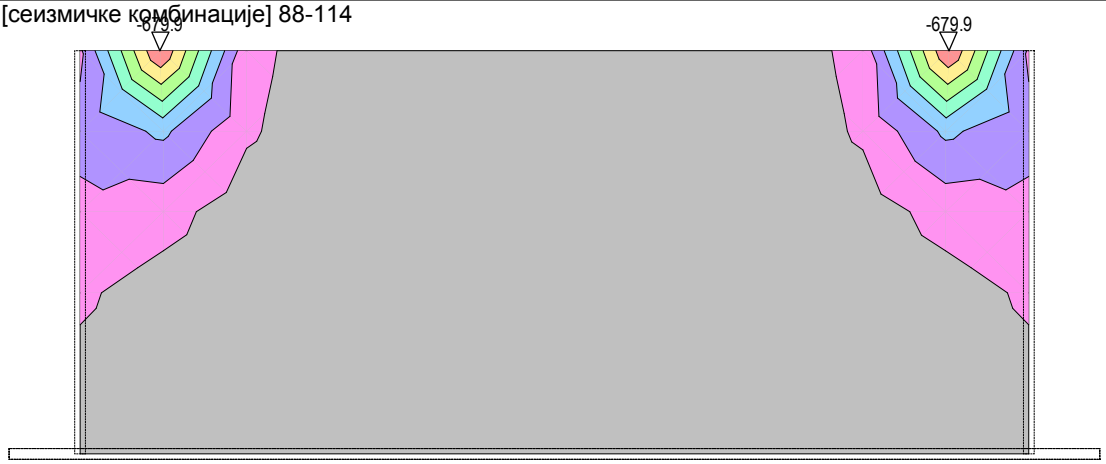
Рам: V_1
Утицаји у плочи: max Nx= 4221.2 / min Nx= 0.0 kN/m

Опт. 116: [сеизмичке комбинације] 88-114



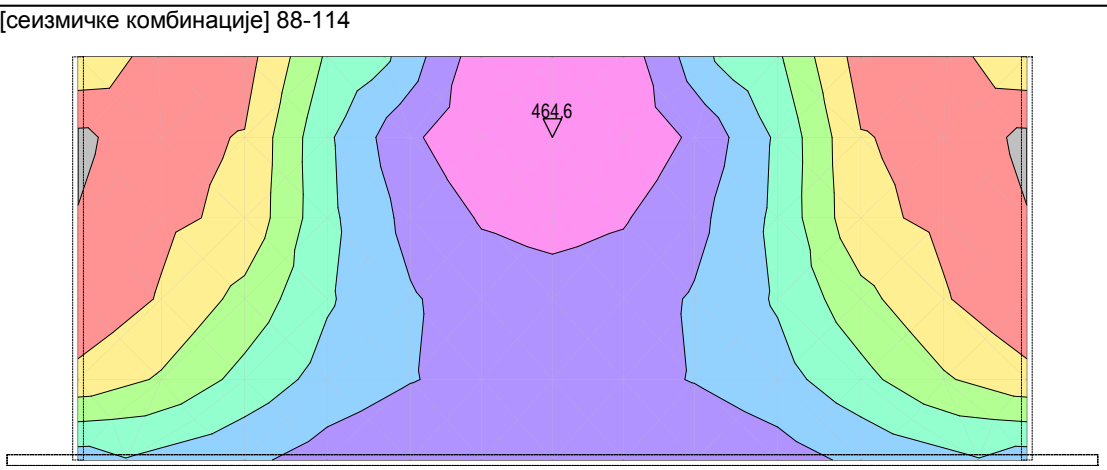
Рам: V_1
Утицаји у плочи: max Nx= 0.0 / min Nx= -3677.0 kN/m

Опт. 116: [сеизмичке комбинације] 88-114



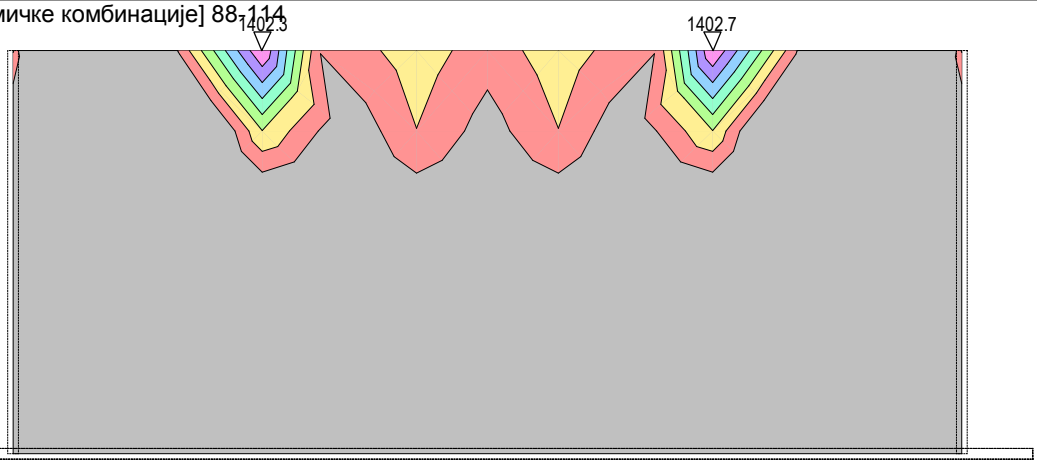
Рам: V_1
Утицаји у плочи: max Mx= 0.0 / min Mx= -679.9 kNm/m

Опт. 116: [сеизмичке комбинације] 88-114



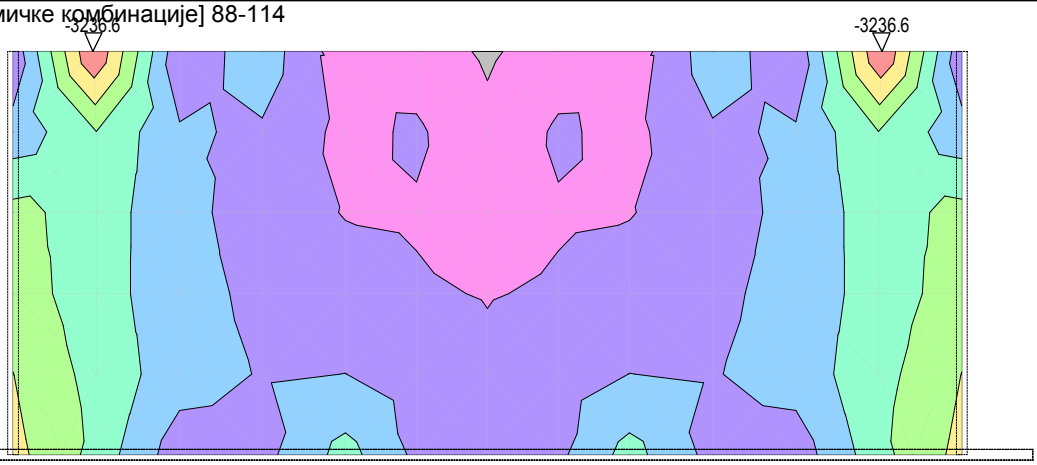
Рам: V_1
Утицаји у плочи: max Mx= 464.6 / min Mx= 0.0 kNm/m

Опт. 116: [сеизмичке комбинације] 88-114



Рам: V_1
Утицаји у плочи: max Ny= 1402.7 / min Ny= 0.0 kN/m

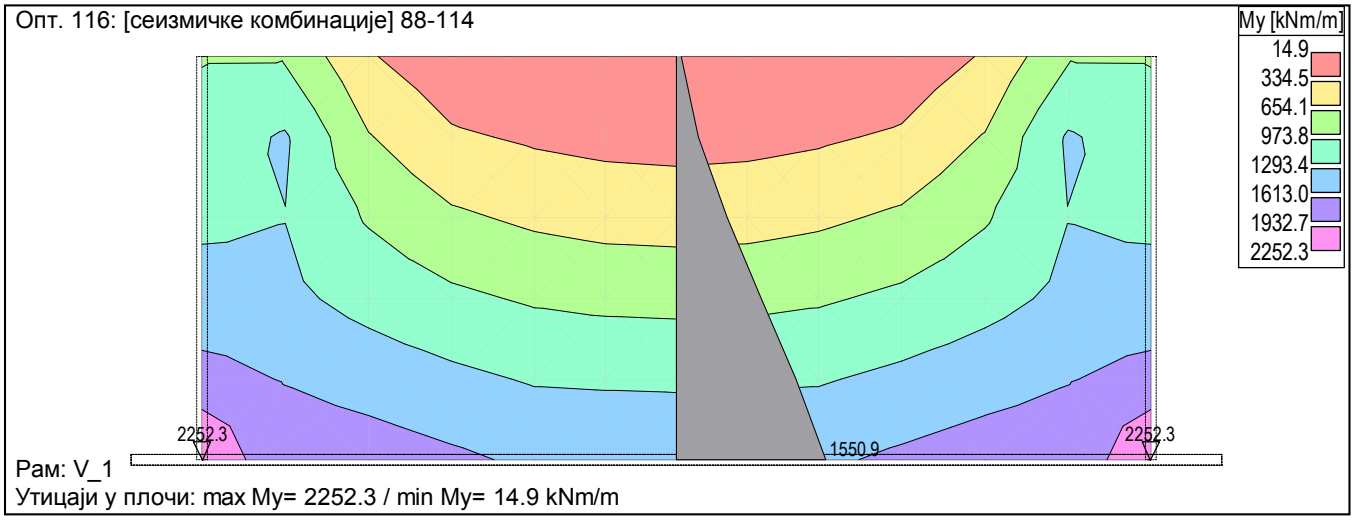
Опт. 116: [сеизмичке комбинације] 88-114



Рам: V_1
Утицаји у плочи: max Ny= 0.0 / min Ny= -3236.6 kN/m

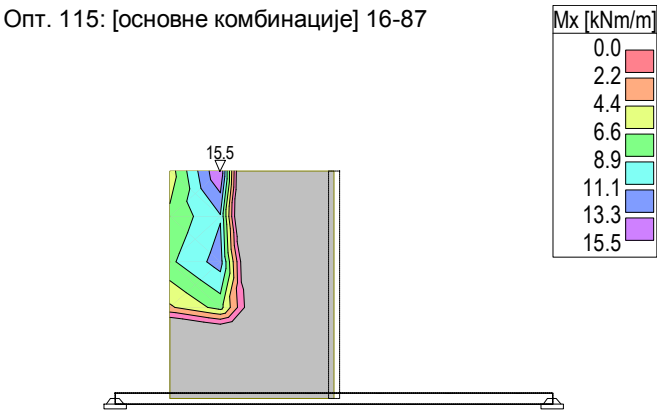
Опт. 116: [сеизмичке комбинације] 88-114

Рам: V_1
Утицаји у плочи: max My= 0.0 / min My= -68.7 kNm/m



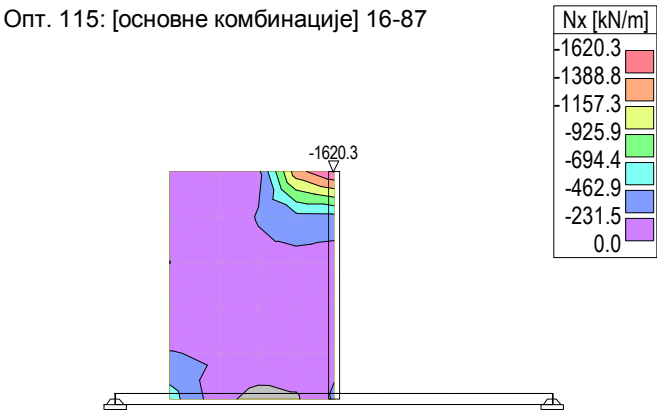
Рам: V_1
Утицаји у плочи: max My= 2252.3 / min My= 14.9 kNm/m

Крилни зидови/ Wing walls



Рам: H_6
Утицаји у плочи: max Mx= 15.5 / min Mx= 0.0 kNm/m

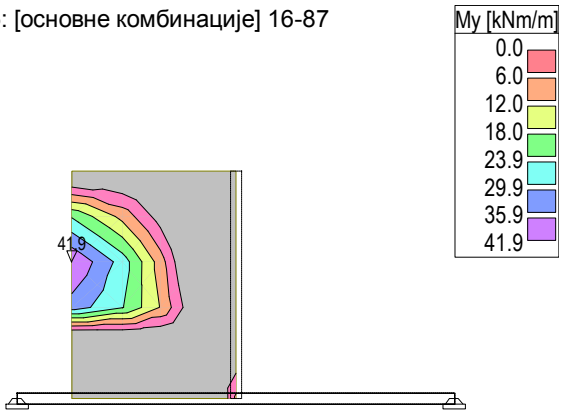
Рам: H_6
Утицаји у плочи: max Mx= 0.0 / min Mx= -237.3 kNm/m



Рам: H_6
Утицаји у плочи: max Nx= 0.0 / min Nx= -1620.3 kN/m

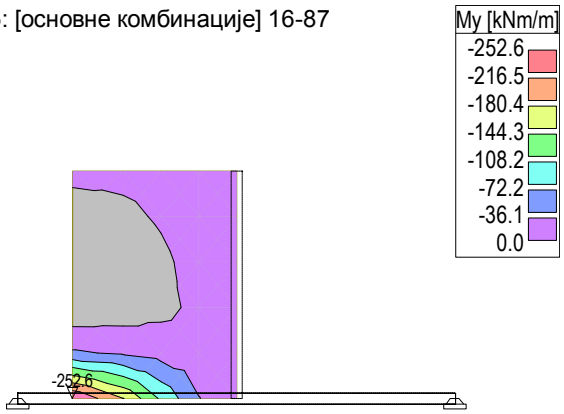
Рам: H_6
Утицаји у плочи: max Nx= 980.7 / min Nx= 0.0 kN/m

Опт. 115: [основне комбинације] 16-87



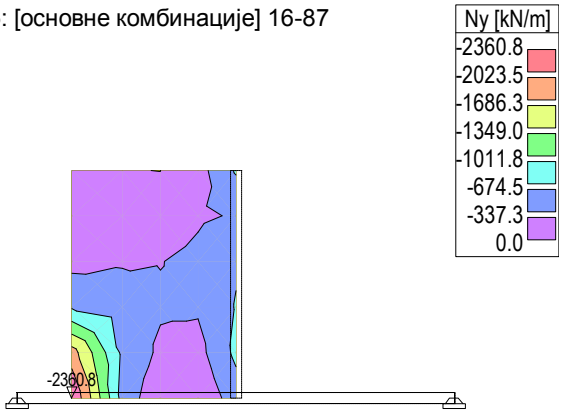
Рам: H_6
Утицаји у плочи: max My= 41.9 / min My= 0.0 kNm/m

Опт. 115: [основне комбинације] 16-87



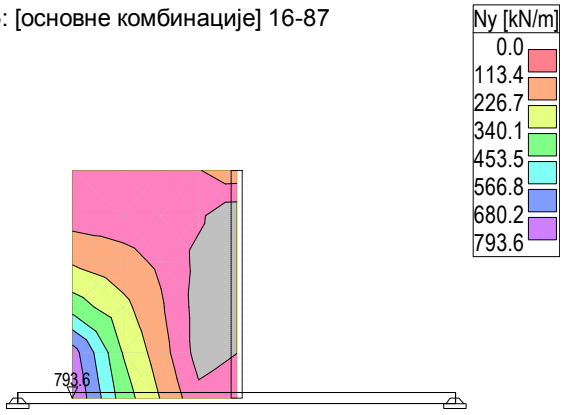
Рам: H_6
Утицаји у плочи: max My= 0.0 / min My= -252.6 kNm/m

Опт. 115: [основне комбинације] 16-87



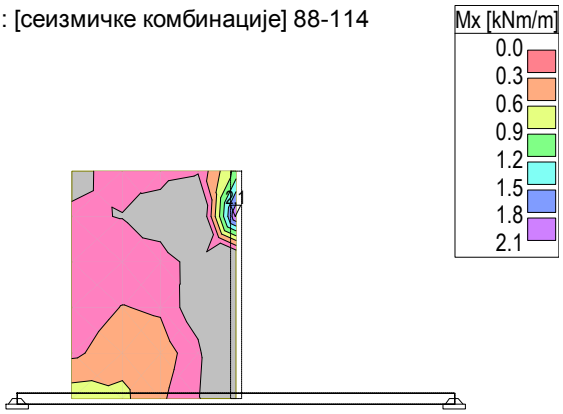
Рам: H_6
Утицаји у плочи: max Ny= 0.0 / min Ny= -2360.8 kN/m

Опт. 115: [основне комбинације] 16-87



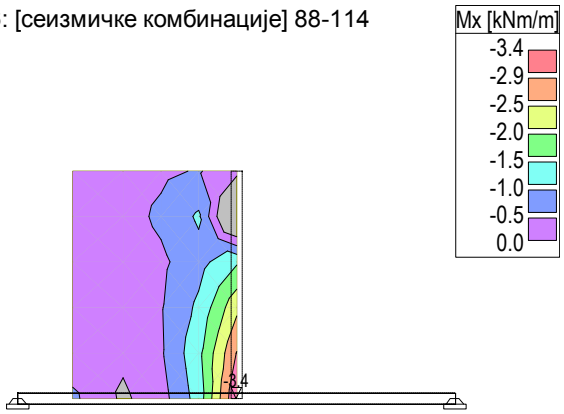
Рам: H_6
Утицаји у плочи: max Ny= 793.6 / min Ny= 0.0 kN/m

Опт. 116: [сеизмичке комбинације] 88-114



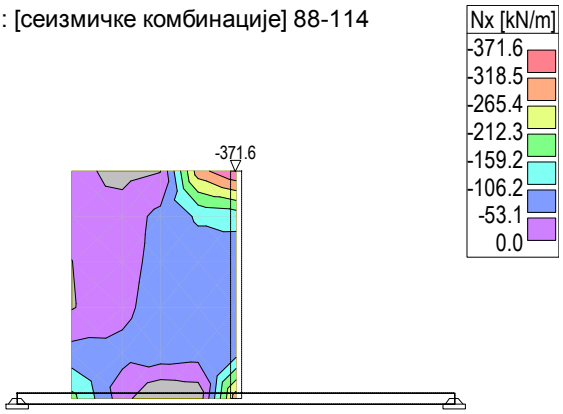
Рам: H_6
Утицаји у плочи: max Mx= 2.1 / min Mx= 0.0 kNm/m

Опт. 116: [сеизмичке комбинације] 88-114



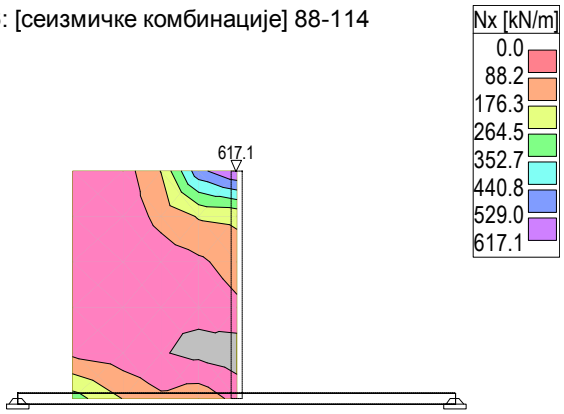
Рам: H_6
Утицаји у плочи: max Mx= 0.0 / min Mx= -3.4 kNm/m

Опт. 116: [сеизмичке комбинације] 88-114



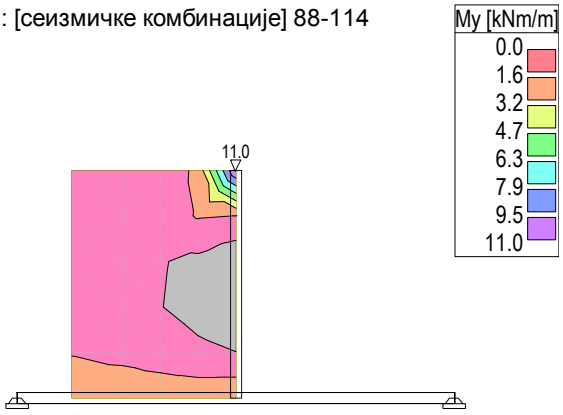
Рам: H_6
Утицаји у плочи: max Nx= 0.0 / min Nx= -371.6 kN/m

Опт. 116: [сеизмичке комбинације] 88-114



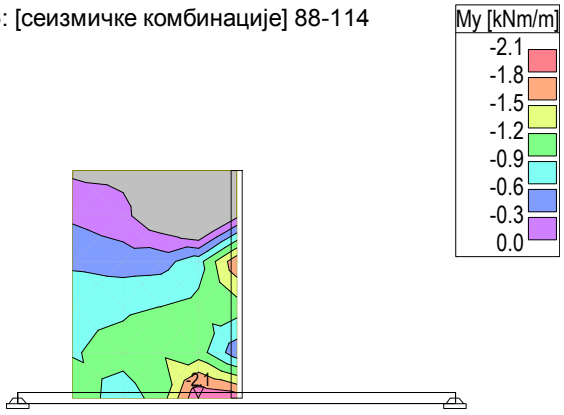
Рам: H_6
Утицаји у плочи: max Nx= 617.1 / min Nx= 0.0 kN/m

Опт. 116: [сеизмичке комбинације] 88-114



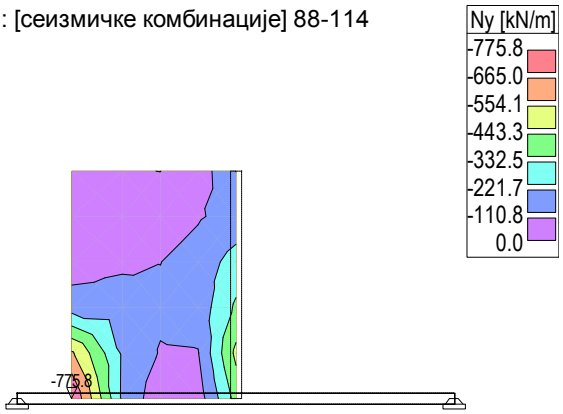
Рам: H_6
Утицаји у плочи: max My= 11.0 / min My= 0.0 kNm/m

Опт. 116: [сеизмичке комбинације] 88-114



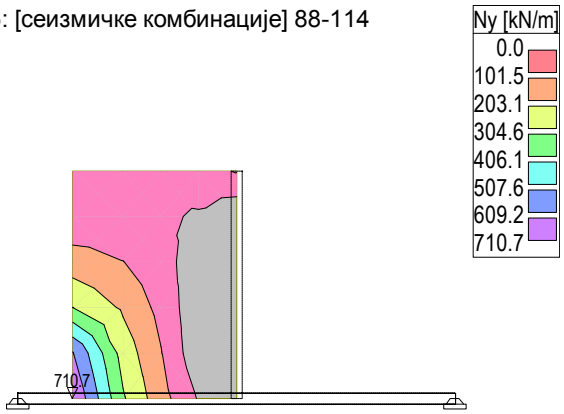
Рам: H_6
Утицаји у плочи: max My= 0.0 / min My= -2.1 kNm/m

Опт. 116: [сеизмичке комбинације] 88-114



Рам: H_6
Утицаји у плочи: max Ny= 0.0 / min Ny= -775.8 kN/m

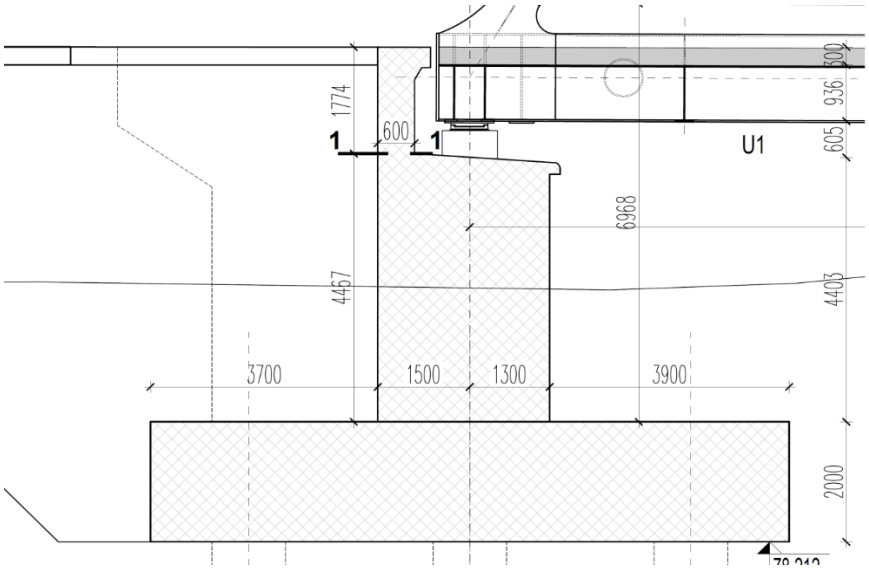
Опт. 116: [сеизмичке комбинације] 88-114



Рам: H_6
Утицаји у плочи: max Ny= 710.7 / min Ny= 0.0 kN/m

12.1.5 Димензионисање стуба C1 и крилних зидова/ Design of abutments and wing walls S1

Димензионисање парапета обалног стуба/ Design of parapet wall



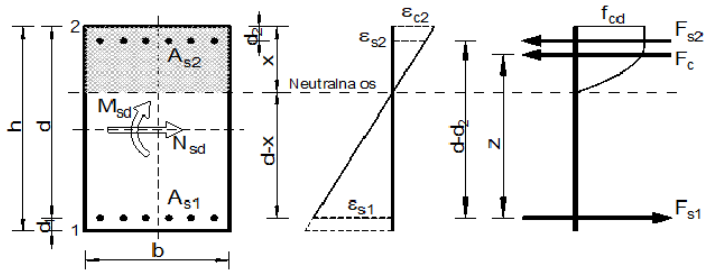
Пресек 1-1/ Section 1-1

$p_a = 19.0 \cdot 1.77 \cdot 0.426 = 14.33 N/m$

Од покретног оптерећења: 250x1.21/2.8=108kN/m

$$M_{1-1} = 1.35 \cdot 14.33 \cdot \frac{1.77^2}{6} + 1.45 \cdot 22.15 \cdot \frac{1.77^2}{2} + 1.45 \cdot 108 \cdot 0.5 = 138.71 kNm/m$$

$$N_{1-1} = 1.35 \cdot 0.50 \cdot 1.77 \cdot 25 + 1.45 \cdot 108 = 186.46 kN/m$$



b	100,00	cm
h	60,00	cm
d_1 (d_2)	5,00	cm
d	55,00	cm
f_{cd}	1,70	kN/cm^2
f_{yd}	43,48	kN/cm^2
M_{sd}	138,71	kNm
N_{sd}	186,46	kN
ε_{s1}	10,00	‰
ε_{c2}	1,37	‰
M_{sds}	138,71	kNm

$M_{Rd,lim}$	547,90	kNm			
μ_{sd}	0,052				

Jednostruko armiranje

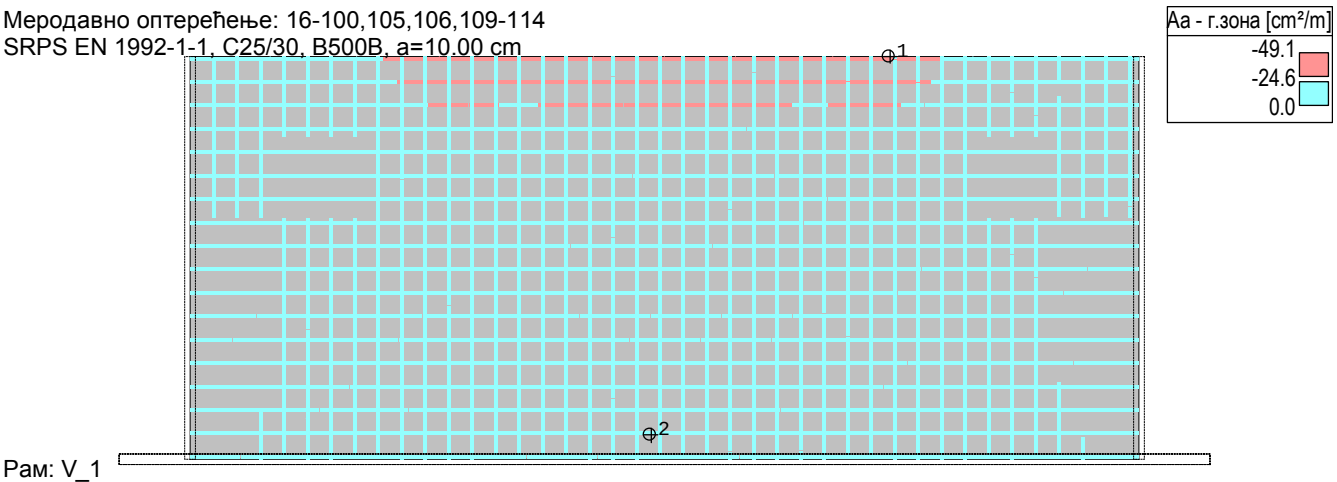
ω	5,396	%			
ρ	0,114	%			
ξ	0,120		x	5,41	cm
ζ	0,957				
A_{s1}	5,11	cm^2			
A_{s2}	0,00	cm^2			

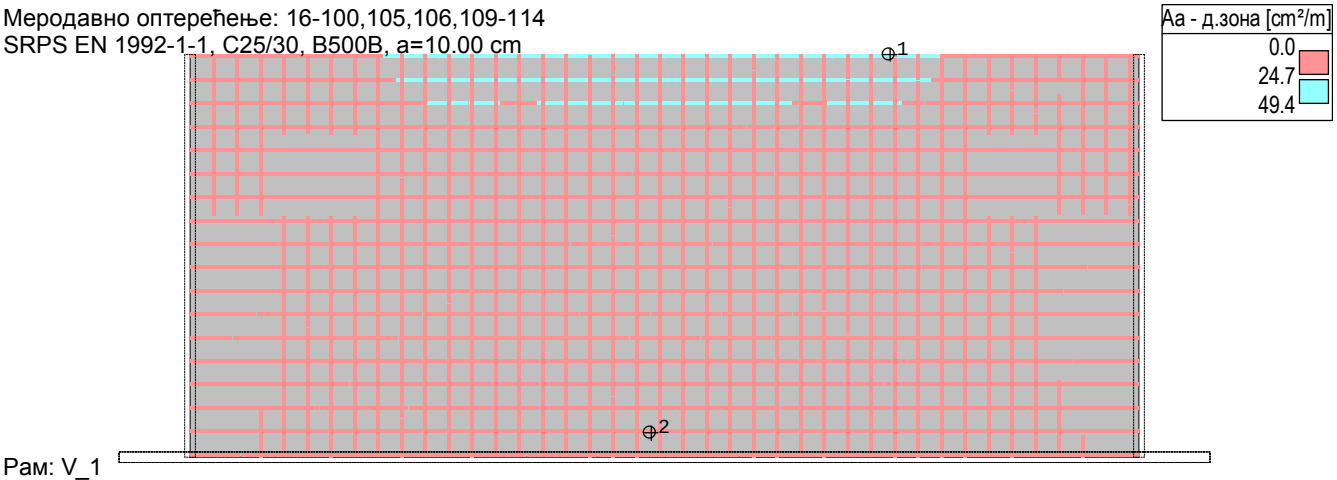
$$A_{s,min} = 0.26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b \cdot d = 0.26 \cdot 0.26/50 \cdot 100 \cdot 55 = 7.44cm2/m$$

$$A_{s,max} = 0.04 \cdot b \cdot d = 0.04 \cdot 100 \cdot 55 = 220cm2/m$$

Усвојена вертикална арматура/ vertical reinforcement Ø14/10 (Aa=15.39cm²/m)
Усвојена хоризонтална арматура/ horizontal reinforcement Ø12/20 (Aa=5.65cm²/m)

Димензионисање обалног стуба C1/ Design of abutment S1





Рам: V_1
SRPS EN 1992-1-1
α,cc = 0.85
д,пл=280.0 cm
C25/30 (γC = 1.50, γS = 1.15) [СП]
Горња зона: B500B (a=10.0 cm)
Доња зона: B500B (a=10.0 cm)
Димензионисање групе случајева оптерећења: 16-114 (анвелопа)

Тачка 1
X=32.8 m; Y=8.3 m; Z=-1.3 m
Правац 1: (α=0°)
Меродавна комбинација:
1.00xI+1.00xII+1.00xIII+1.00xIV
+0.30xXII-1.00xXIII+0.30xXIV+0.30xXV
Med = 92.01 kNm
Ned = 4221.16 kN
εb/εa = 1.232/25.000 ‰
Аг1 = 49.12 cm²/m
Ад1 = 49.35 cm²/m

Правац 2: (α=90°)
Меродавна комбинација:
1.00xI+1.00xII+1.00xIII+1.00xIV
+0.30xXII-1.00xXIII+0.30xXIV+0.30xXV
Med = 36.17 kNm
Ned = 1402.67 kN
εb/εa = 1.219/25.000 ‰
Аг2 = 16.37 cm²/m
Ад2 = 16.45 cm²/m

Тачка 2
X=32.8 m; Y=5.3 m; Z=-6.7 m
Правац 1: (α=0°)
Меродавна комбинација:
1.00xI+1.00xII+1.00xIII+1.00xIV
+1.75xV+1.75xVI+1.12xVII+1.50xVIII
+1.50xIX+1.00xXI
Med = 421.89 kNm
Ned = -232.85 kN
εb/εa = -0.644/25.000 ‰
Аг1 = 0.86 cm²/m
Ад1 = 0.87 cm²/m

Правац 2: (α=90°)
Меродавна комбинација:
1.00xI+1.00xII+1.00xIII+1.00xIV
+1.75xV+1.75xVI-1.12xVII+1.50xVIII
+1.50xIX+1.00xXI
Med = 1739.22 kNm
Ned = -404.56 kN
εb/εa = -1.175/25.000 ‰
Аг2 = 10.27 cm²/m
Ад2 = 10.32 cm²/m

Лежишна греда формира се у првих 1m висине стуба / Bearing beam is formed in the top 1m of the abutment height

$A_{s,min} = 0.26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b \cdot d = 0.26 \cdot 0.26/50 \cdot 100 \cdot 270 = 36.50 cm^2/m$ (СРПС ЕН 1992-1-1, 9.2)

$A_{s,max} = 0.04 \cdot b \cdot d = 0.04 \cdot 100 \cdot 270 = 1080 \text{cm}^2$

$A_{sw,min} = \left(0{,}08\sqrt{2.5}\right)/50 \cdot 20 \cdot 270 \cdot 1 = 13{,}66\ cm^2$ (СРПС ЕН 1992-1-1, 9.2.2)

Усвојена хоризонтална арматура ***Ø25/10*** *(Aa=49.10cm²/m)* обострано по висини лежишне греде
Adopted horizontal reinforcement ***Ø25/10*** (*Aa=49.10cm2/m*) on both sides along the beam height

Усвојене четворосечне вертикалне узенгије ***Ø12/20*** *(Aa=22.60cm²/m)* у висини лежишне греде
Adopted four vertical stirrups ***Ø12/20*** (*Aa=22.60cm2/m*) along the beam height

$A_{s,vmin} = 0.002 \cdot 100 \cdot 280 = 56 cm^2/m^2$ (СРПС ЕН 1992-1-1, 9.6.2 и /НА тачка 2.89)

$A_{s,max} = 0.04 \cdot b \cdot d = 0.04 \cdot 100 \cdot 280 = 1080 \text{cm}^2$

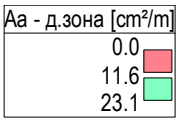
$A_{s,hmin} = \max(0.25A_{s,v};\ 0.001A_c) = 28 \text{cm}^2/\text{m}$ (СРПС ЕН 1992-1-1,9.6.3, /НА тачка 2.89)

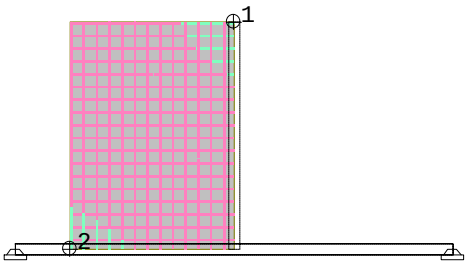
Усваја се вертикална арматура ***Ø20/10*** *(Aa=31.4cm²/m)* обострано по ширини стуба
Adopted vertical reinforcement ***Ø20/10*** (*Aa=31.4cm2/m*) on both sides along the abutment width

Усваја се хоризонтална арматура ***Ø16/10*** *(Aa=20.1cm²/m)* обострано
Adopted horizontal reinforcement ***Ø16/10*** (*Aa=20.1cm2/m*) on both sides

Димензионисање крилног зида обалног стуба С1/ Design of wing wall of the abutment S1

SRPS EN 1992-1-1, C25/30, B500A





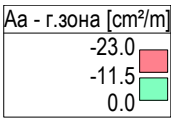
Рам: H_6
Aa - д.зона - max Aa,д= 23.1 cm²/m

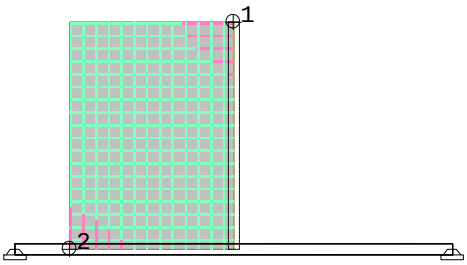
Рам: H_6
SRPS EN 1992-1-1
α,cc = 0.85
д,пл=40.0 cm
C25/30 (γC = 1.50, γS = 1.15) [СП]
Горња зона: B500B (a=5.0 cm)
Доња зона: B500B (a=5.0 cm)
Димензионисање групе случајева оптерећења: 16-114 (анвелопа)

Тачка 1
X=32.8 m; Y=11.6 m; Z=-1.3 m
Правац 1: (α=0°)
Меродавна комбинација:
1.00xI+1.00xII+1.00xIII+1.00xIV
+1.75xV+1.75xVI+1.12xVII+1.50xVIII
+1.50xIX-0.88xX+1.00xXI
Med = -167.93 kNm
Ned = 980.71 kN
εb/εa = -3.124/25.000 ‰
Аг1 = 23.02 cm²/m
Ад1 = 23.13 cm²/m

Правац 2: (α=90°)
Меродавна комбинација:
1.00xI+1.00xII+1.00xIII+1.00xIV
+1.75xV+1.75xVI+1.12xVII+1.50xVIII
+1.50xIX-0.88xX+1.00xXI
Med = -12.75 kNm
Ned = 193.12 kN
εb/εa = -0.898/25.000 ‰
Аг2 = 2.97 cm²/m
Ад2 = 2.98 cm²/m

SRPS EN 1992-1-1, C25/30, B500A





Рам: H_6
Aa - г.зона - max Aa,г= -23.0 cm²/m

Тачка 2
X=28.9 m; Y=11.6 m; Z=-6.7 m
Правац 1: (α=0°)
Меродавна комбинација:
1.00xI+1.00xII+1.00xIII+1.00xIV
+1.75xV+1.75xVI-1.12xVII+1.50xVIII
+1.50xIX-0.88xX+1.00xXI
Med = -29.15 kNm
Ned = 334.73 kN
εb/εa = -1.465/25.000 ‰
Аг1 = 5.58 cm²/m
Ад1 = 5.61 cm²/m

Правац 2: (α=90°)
Меродавна комбинација:
1.00xI+1.00xII+1.00xIII+1.00xIV
+1.75xV+1.75xVI-1.12xVII+1.50xVIII
+1.50xIX-0.88xX+1.00xXI
Med = -178.27 kNm
Ned = 793.56 kN
εb/εa = -3.314/25.000 ‰
Аг2 = 21.61 cm²/m
Ад2 = 21.72 cm²/m

$A_{s,vmin} = 0.002 \cdot 100 \cdot 40 = 8cm^2/m^2$ (СРПС ЕН 1992-1-1, 9.6.2 и /НА тачка 2.89)

$A_{s,vmax} = 0.04 \cdot 100 \cdot 40 = 160cm^2/m$

$A_{s,hmin} = \max(0.25A_{s,vmin};\ 0.001A_c) = 4cm^2/m$ (СРПС ЕН 1992-1-1,9.6.3, /НА тачка 2.89)

Усваја се вертикална арматура ***Ø16/20*** *(Aa=10.05cm²/m)* обострано

Adopted vertical reinforcement ***Ø16/20*** *(Aa=10.05cm2/m)* on both sides

Усваја се хоризонталана арматура ***Ø16/20*** *(Aa=10.05cm²/m)* обострано
Adopted horizontal reinforcement ***Ø16/20*** *(Aa=10.05cm2/m)* on both sides

На споју крилног зида са стубом и наглавном гредом:/ At the joint between abutment and cap beam:

Усваја се додатна арматура ***Ø20/20*** *(Aa=15.70cm²/m)* обострано

Adopted additional reinforcement ***Ø20/20*** *(Aa=15.70cm2/m)* on both sides

12.1.6 Контрола граничне носивости стуба за двоосно савијање/ Ultimate limit state

(СРПС ЕН 1992-1-1, 5.8.9)

Eurocode 2, EN 1992-1-1 (2004)

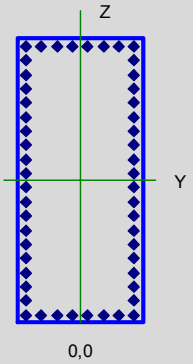
Materials:

f_{ck} =	25	MPa	E_{cm} =	31,5 GPa
f_{yk} =	500	MPa	E_s =	200 GPa
γ_c =	1,5			
γ_s =	1,15			
a_{cc} =	0,85			

Section Properties:

Height = 2800 mm Width = 1000 mm

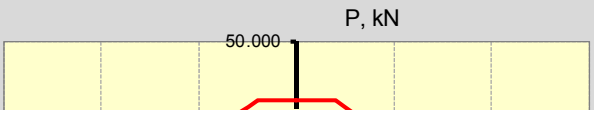
Concrete section		Transformed section	
A_C =	3E+06 mm²	A_T =	2887422 mm²
I_C =	2E+12 mm⁴	I_T =	1,91E+12 mm⁴
Y_{bC} =	1400 mm	Y_{bT} =	1400 mm



Reinforcing bars:

Bar Diameter =	20	mm
No.bars =	52	(< 300)
Σ(As) =	16328	mm²
ΣAs/Ac =	0,0058	
Concrete cover =	50	mm
Spiral/Stirrup dia. =	12	mm

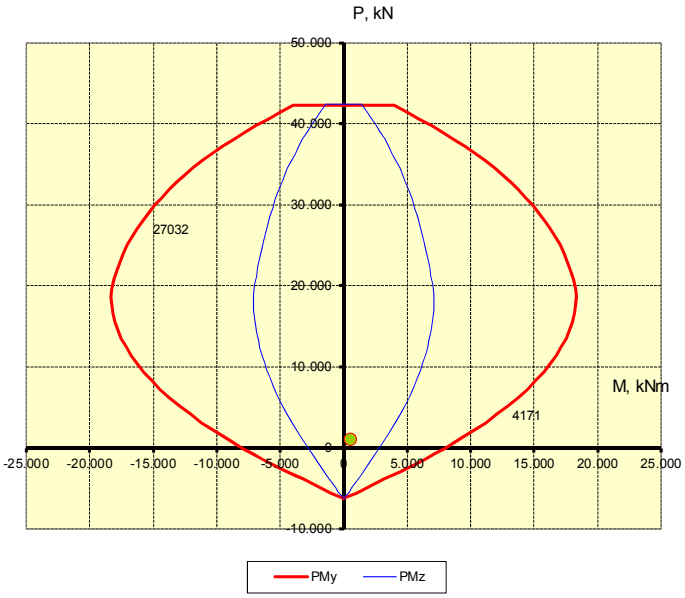
Axial Force/Bending Moment Interaction Diagram
Bending about horizontal axis



BIAXIAL BENDING MOMENT CAPACITY

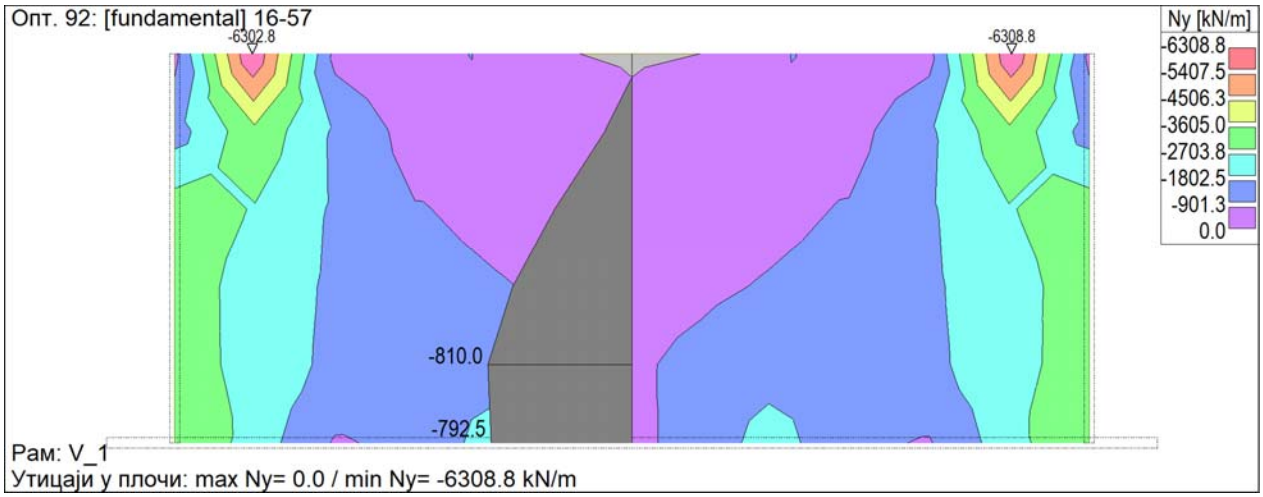
Load Description	Applied Loads			Uniaxial Capacities		Demand Capacity Ratio	Biaxial Interact'n coeff.
	P kN	M_y kNm	M_z kNm	M_{Rdy} kNm	M_{Rdz} kNm	$(M_y/M_{Rdy})^a + (M_z/M_{Rdz})^a$	a
Основне - доле	1102	624,2	2707,8	9156	3254	0,900	1,000
Сеизмичке - доле	549,4	582,6	2682,3	8567	3021	0,956	1,000

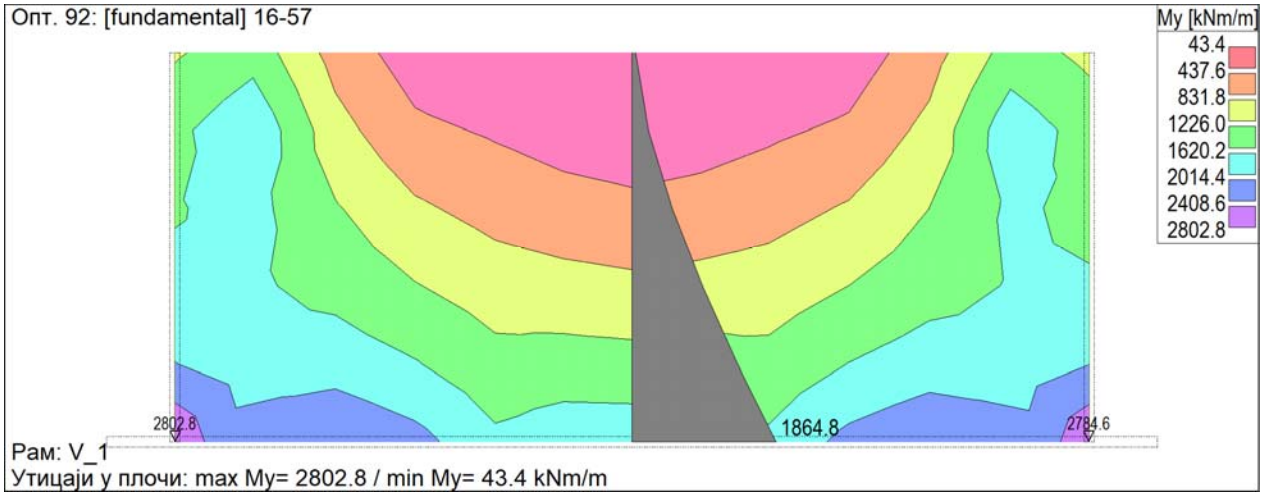
Axial Force/Bending Moment Interaction Diagram



12.1.7 Контрола граничних стања употребљивост/ Serviceability limit states

12.1.7.1 Статички утицаји у стубу услед карактеристичне комбинације оптерећења / Internal forces and moments due to characteristic load combination



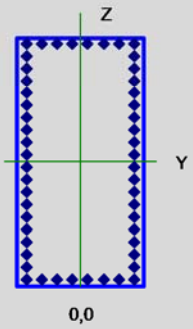


12.1.7.2 Контрола напона и карактеристичне ширине прслина/ Stress and Crack control

Crack width calculations at service loads: uniaxial bending about Y-axis

SLS Loads	P =	792,5	kN	(+ for compression)	
	M =	1864,8	kNm	(+ for tension on the bottom)	Calculate stresses
Materials					
	f_{yk} =	500	MPa	E_s = 200000 MPa	
	f_{ck} =	25	MPa		Solved
	f_{cm} =	33	MPa	E_{cm} = 31476 MPa	
	$f_{ct,eff}=f_{ctm}=0.3f_{ck}^{(2/3)}$ =	2,56	MPa		
	Creep factor, Ct =	2			
	Long term concrete $E_{ctm}= E_{cm}/(1+C_t)$ =	10492	MPa	E_s/E_{ctm}= 19,06	

Results of SLS analysis			
Neutral axis from compression edge, x =	970,5	mm	
Maximum concrete stress, fc.max =	2,31	MPa	
Maximum steel stress, fs.max =	79,6	MPa	
at y_{st} =	2728	mm	
Number of bars in tension =	32		
Centroid of tensile steel from compr. edge, d =	2046,5	mm	
Concrete strain $\varepsilon_c= - f_{c.max}/E_{ctm}$ =	-0,0002		
Curvature $\varphi = -\varepsilon_c/x$ =	2,3E-07	mm^{-1}	



Crack width calculations				
Limiting crack with $W_{k,max}$ =	0,3	mm		
bar diameter, d_b =	25	mm		
Clear cover, c =	45	mm		
Bar spacing S =	100	mm	≤ 5(clr+db/2) = 287,5 mm	OK
Bond coefficient	k_1 = 0,8		(0.8 for deformed bars and 1.6 for plain bars)	
Strain distribution coefficient	k_2 = 0,5		(0.5 for bending, 1.0 for pure tension)	
	k_3 = 3,4		(country specific, recommended 3.4, 1.0 used in earlier code)	
	k_4 = 0,425		(country specific, recommended 0.425 , 0.25 used in earlier code)	
Load duration coefficient	k_t = 0,4		(0.6 for short term and 0.4 for long term loading)	

Total section height, H =	2800,0	mm	
h = min(H,y_{st}+db/2+c) =	2785,5	mm	Section height adjusted for concrete cover
$h_{c,ef}$ = min[2.5(h-d), (h-x)/3] =	605,0	mm	
$A_{c,eff}$ ($h_{c,ef}$) =	604991	mm^2	
A_{st} =	10048	mm^2	
$r_{p,eff} = A_{st}/A_{c,eff}$ =	0,0166		

Max. crack spacing $S_{r,max}=k_3c+k_1k_2k_4d_b/\rho_{p,eff}$ =	408,9	mm		(7.11)
$S_{r,max}$ = 1.3(h-c) =	3581,5	mm	min of = 408,9 mm	(7.14)

e_{sm}, e_{cm} - steel and conc. strains

$\alpha_e = E_s/E_{cm}$ =	6,35			
$e_{sm}-e_{cm} = [f_s-k_tf_{cf,eff}(1+\alpha_e\rho_{p,eff})/\rho_{p,eff}]/E_s$ =	0,00024			(7.9)
$0.6f_s/E_s$ =	0,00024		max of = $e_{sm}-e_{cm}$ = 0,000239	
Crack width $W_k=S_{r,max}(e_{sm}-e_{cm})$ =	**0,10**	**mm**		(7.8)

Check maximum crack width	**Wk ≤ Wk,max**	**0,1 mm ≤ 0,3 mm**	**OK**

Услови у погледу ограничења напона и карактеристичне ширине прслина су задовољени
Stresses and crack widths are within allowable limits.

12.2 Обални стуб С2/ Abutment S2

12.2.1 Анализа оптерећења/Actions

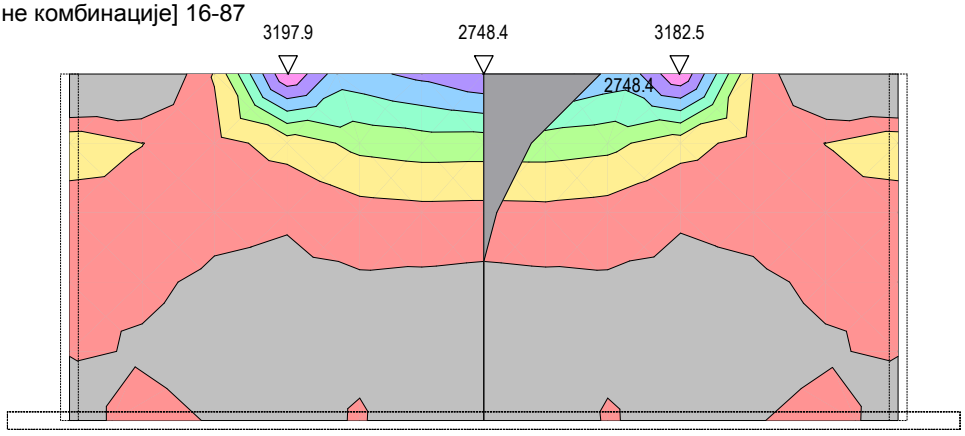
Анализа оптерећења је дата у оквиру поглавља 12.1.1 за обални стуб С1.
Analisys of actions is provided within chapter 12.1.1 for the abutment S1.

12.2.2 Случајеви оптерећења/ Load cases

Случајеви оптерећења и меродавне комбинације оптерећења су дате у оквиру поглавља 12.1.2 за обални стуб С1.
Load cases and combinations are provided within chapter 12.1.2 for the abutment S1.

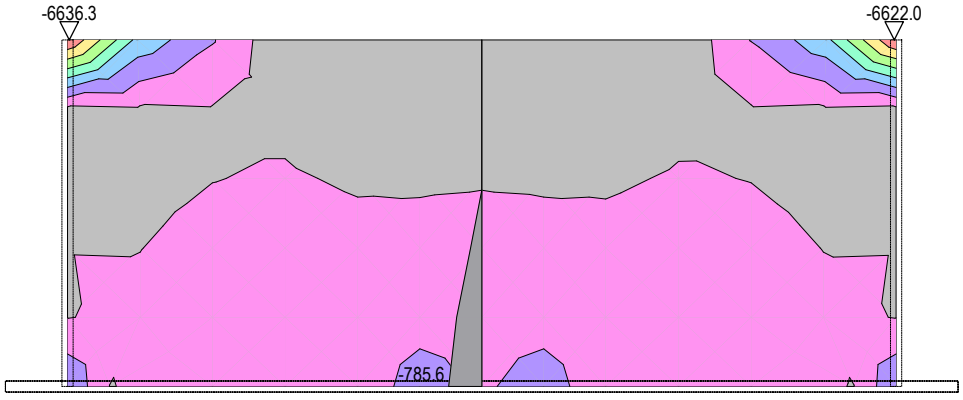
12.2.3 Статички утицаји у стубу С2 и крилним зидовима/ Internal forces and moments in abutment and wing wall S2

Опт. 115: [основне комбинације] 16-87



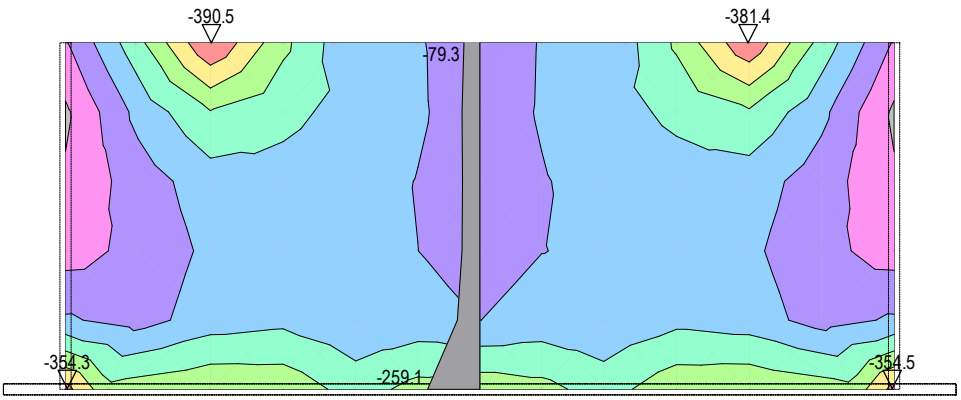
Рам: V_25
Утицаји у плочи: max Nx= 3197.9 / min Nx= 0.0 kN/m

Опт. 115: [основне комбинације] 16-87



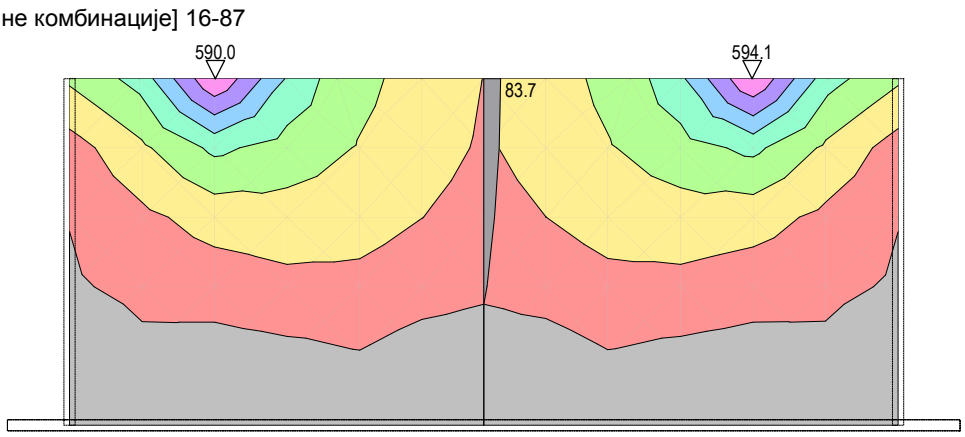
Рам: V_25
Утицаји у плочи: max Nx= 0.0 / min Nx= -6636.3 kN/m

Опт. 115: [основне комбинације] 16-87



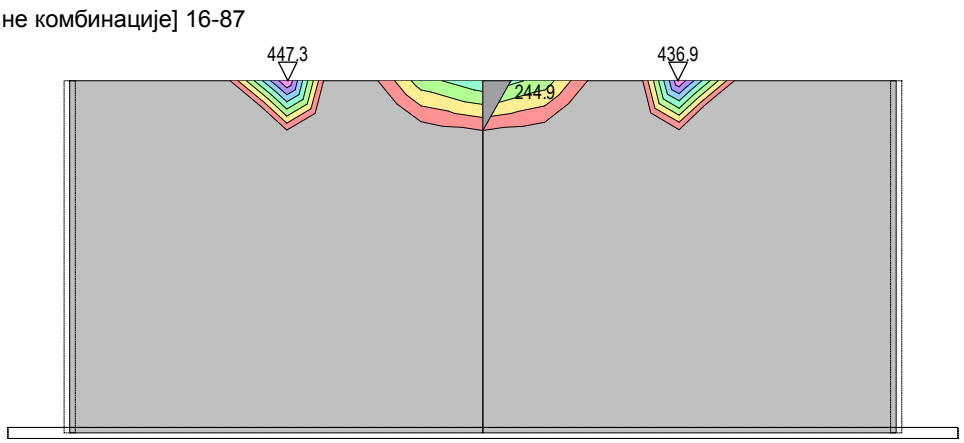
Рам: V_25
Утицаји у плочи: max Mx= 0.0 / min Mx= -390.5 kNm/m

Опт. 115: [основне комбинације] 16-87



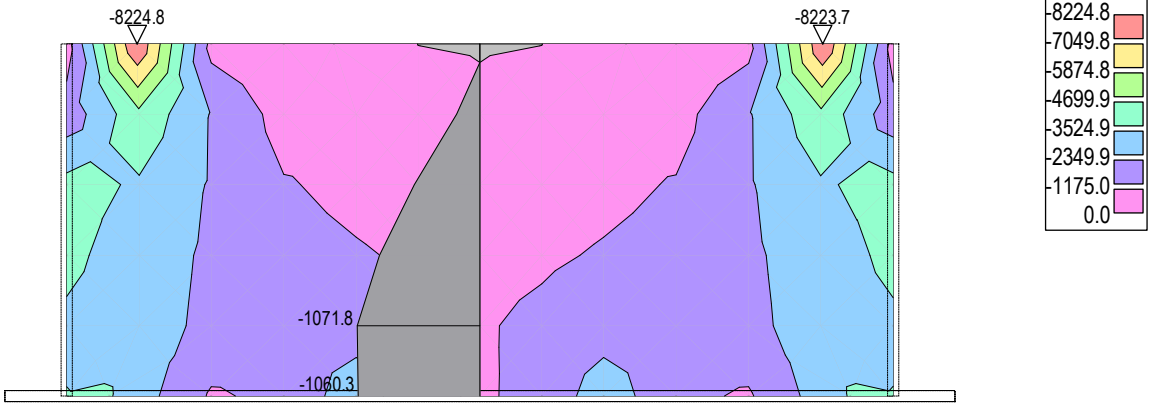
Рам: V_25
Утицаји у плочи: max Mx= 594.1 / min Mx= 0.0 kNm/m

Опт. 115: [основне комбинације] 16-87



Рам: V_25
Утицаји у плочи: max Ny= 447.3 / min Ny= 0.0 kN/m

Опт. 115: [основне комбинације] 16-87

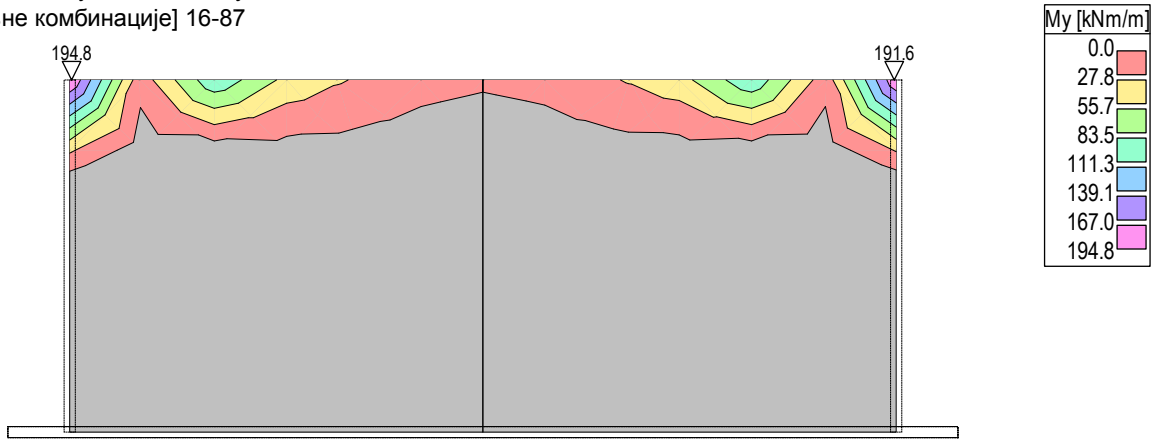


Рам: V_25
Утицаји у плочи: max Ny= 0.0 / min Ny= -8224.8 kN/m

Опт. 115: [основне комбинације] 16-87

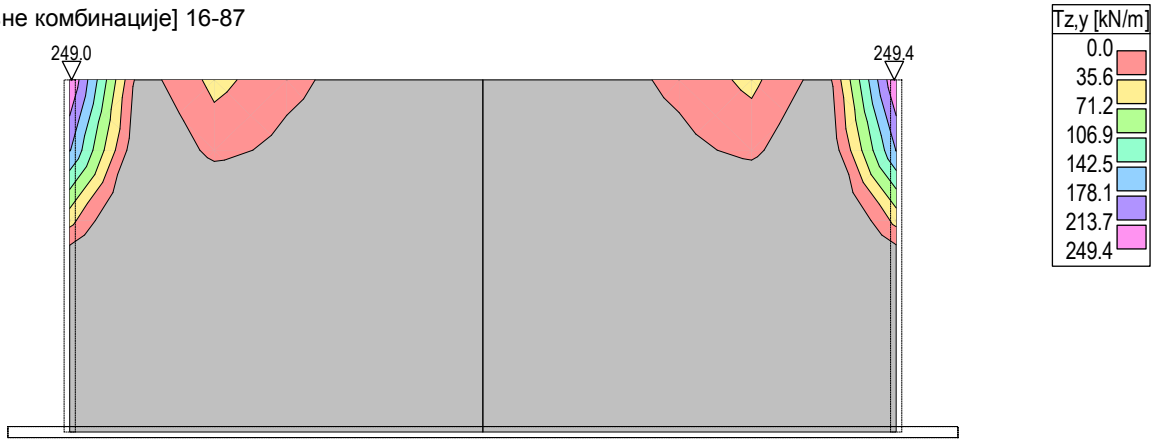
Рам: V_25
Утицаји у плочи: max My= -6.1 / min My= -1871.5 kNm/m

Опт. 115: [основне комбинације] 16-87



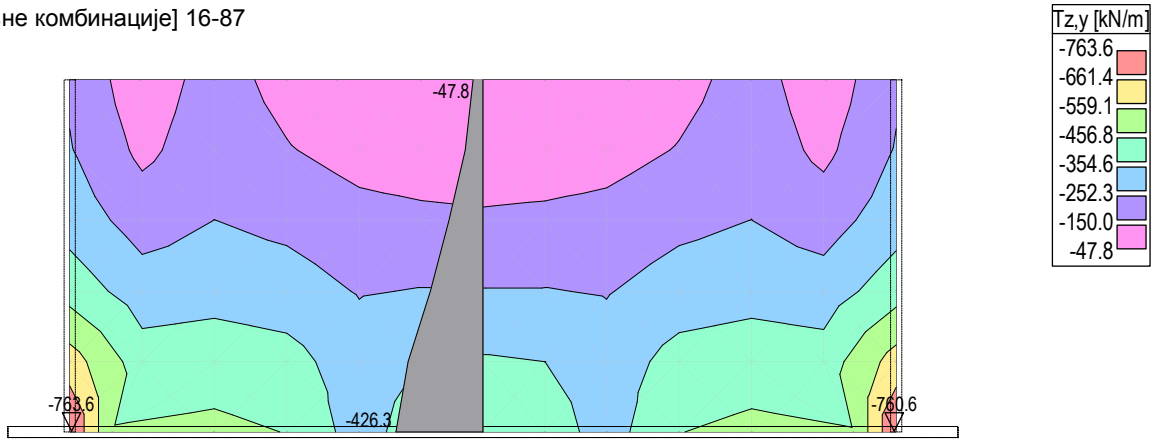
Рам: V_25
Утицаји у плочи: max My= 194.8 / min My= 0.0 kNm/m

Опт. 115: [основне комбинације] 16-87



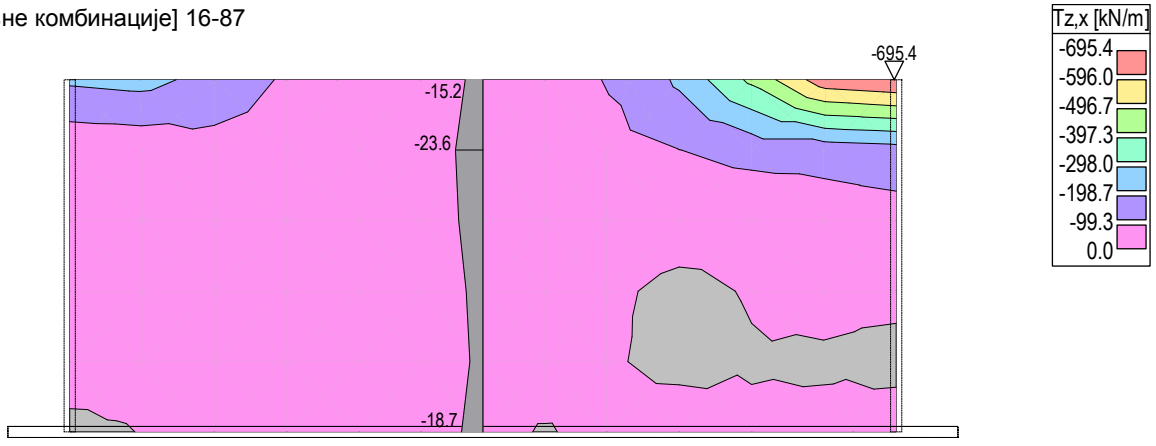
Рам: V_25
Утицаји у плочи: max Tz,y= 249.4 / min Tz,y= 0.0 kN/m

Опт. 115: [основне комбинације] 16-87



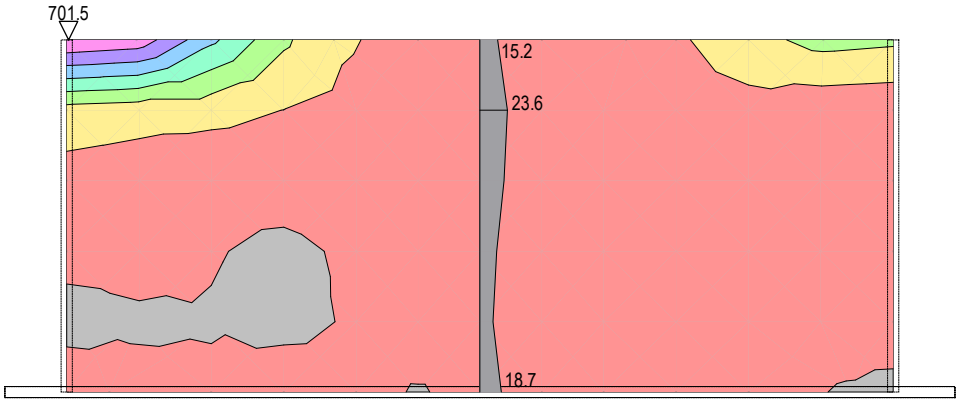
Рам: V_25
Утицаји у плочи: max Tz,y= -47.8 / min Tz,y= -763.6 kN/m

Опт. 115: [основне комбинације] 16-87



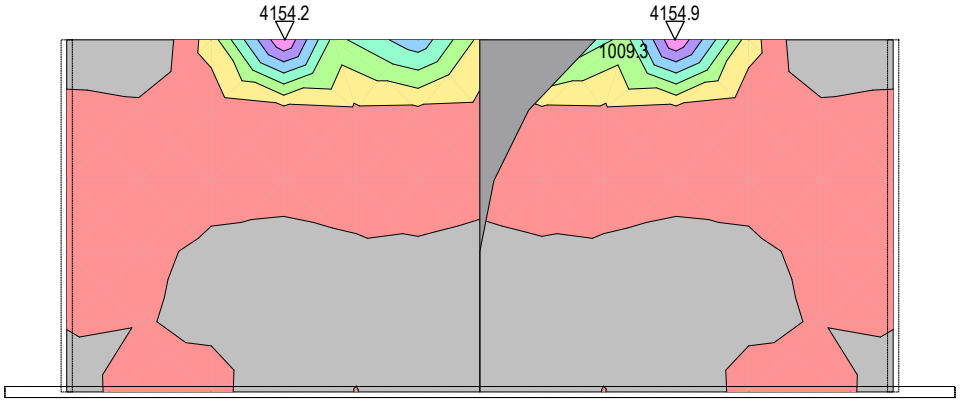
Рам: V_25
Утицаји у плочи: max Tz,x= 0.0 / min Tz,x= -695.4 kN/m

Опт. 115: [основне комбинације] 16-87



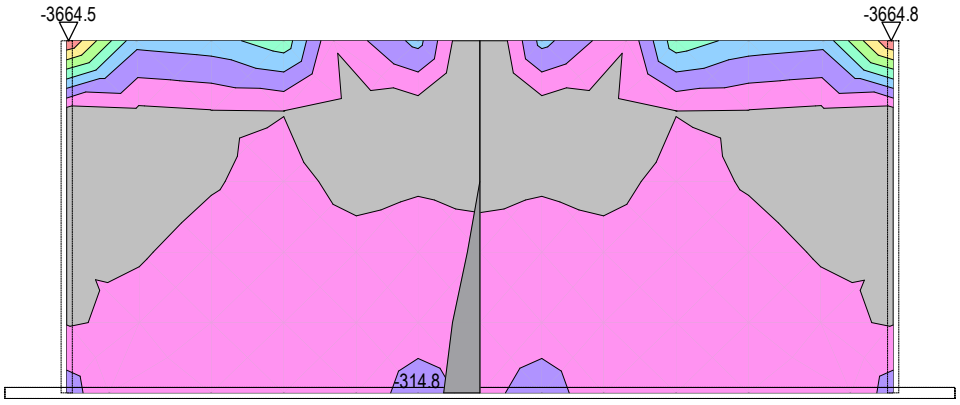
Рам: V_25
Утицаји у плочи: max Tz,x= 701.5 / min Tz,x= 0.0 kN/m

Опт. 116: [сеизмичке комбинације] 88-114



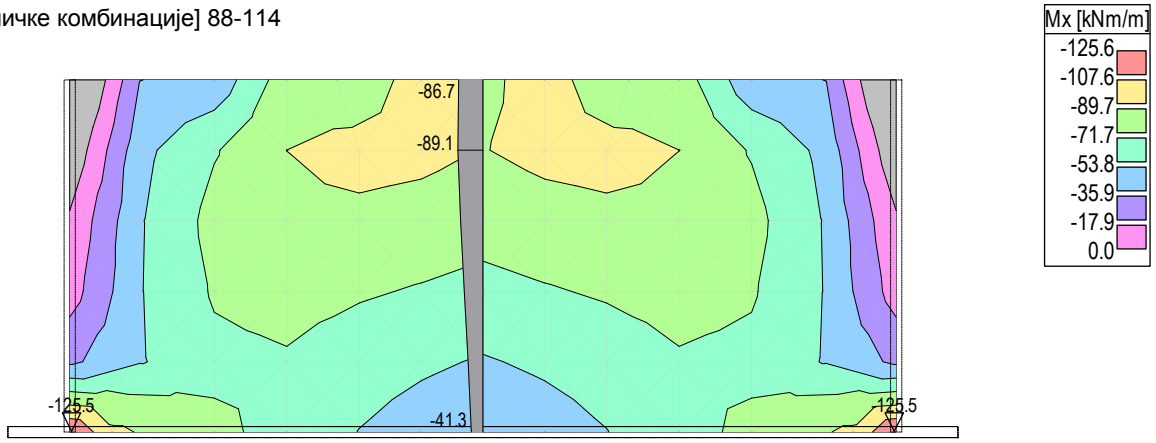
Рам: V_25
Утицаји у плочи: max Nx= 4154.9 / min Nx= 0.0 kN/m

Опт. 116: [сеизмичке комбинације] 88-114



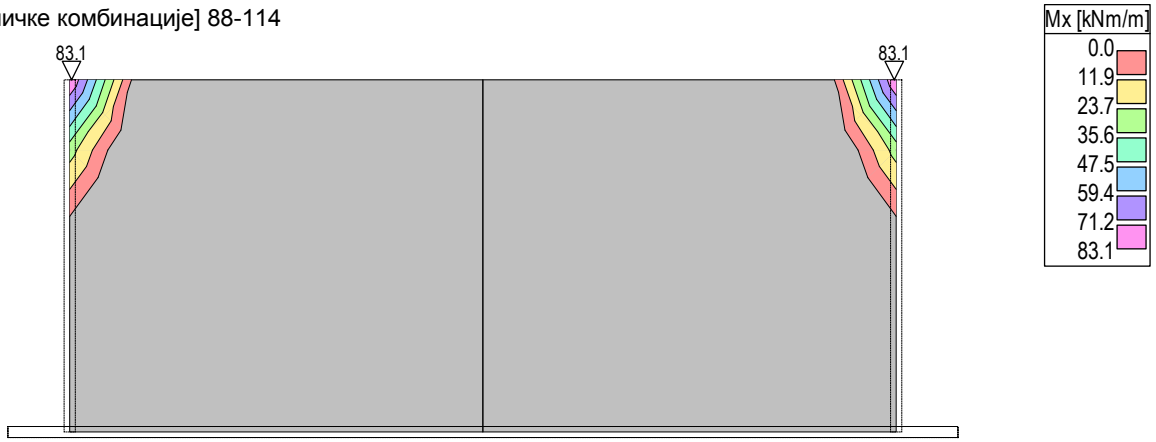
Рам: V_25
Утицаји у плочи: max Nx= 0.0 / min Nx= -3664.8 kN/m

Опт. 116: [сеизмичке комбинације] 88-114



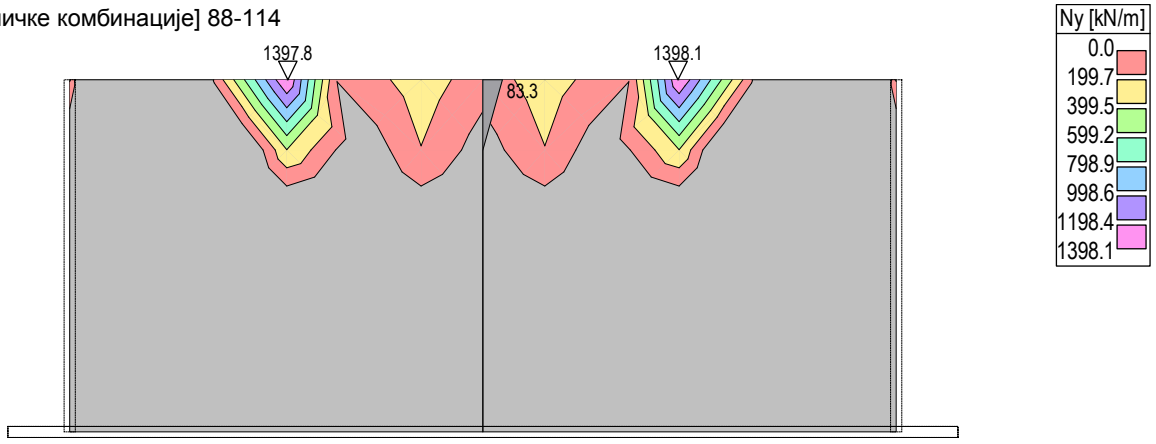
Рам: V_25
Утицаји у плочи: max Mx= 0.0 / min Mx= -125.5 kNm/m

Опт. 116: [сеизмичке комбинације] 88-114



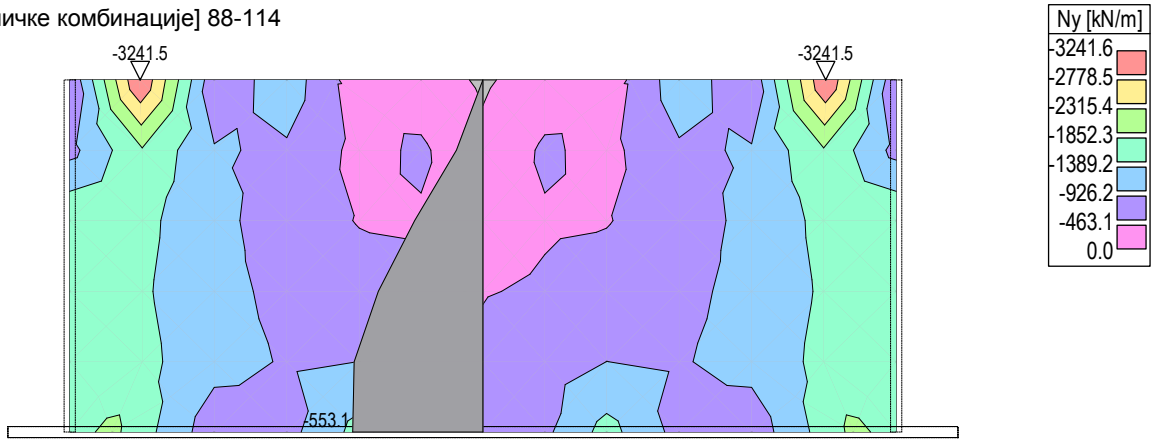
Рам: V_25
Утицаји у плочи: max Mx= 83.1 / min Mx= 0.0 kNm/m

Опт. 116: [сеизмичке комбинације] 88-114



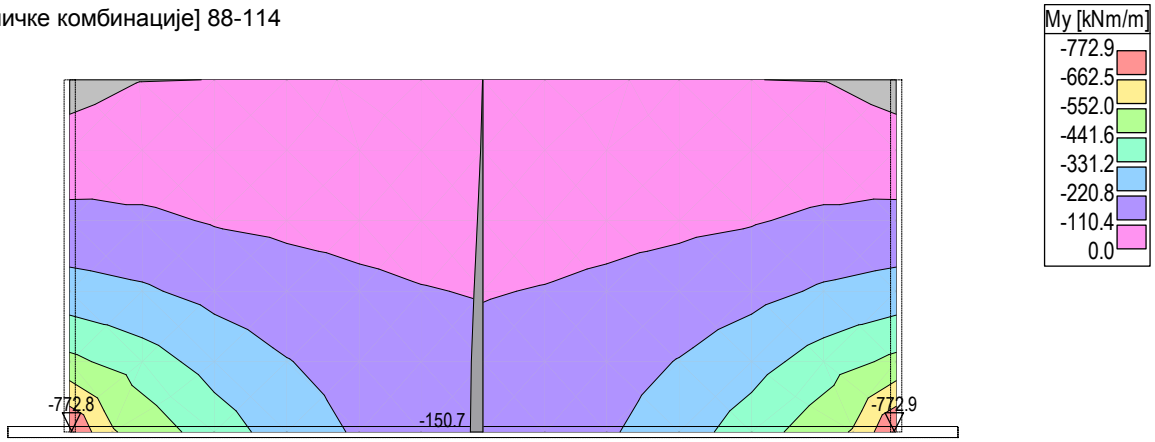
Рам: V_25
Утицаји у плочи: max Ny= 1398.1 / min Ny= 0.0 kN/m

Опт. 116: [сеизмичке комбинације] 88-114



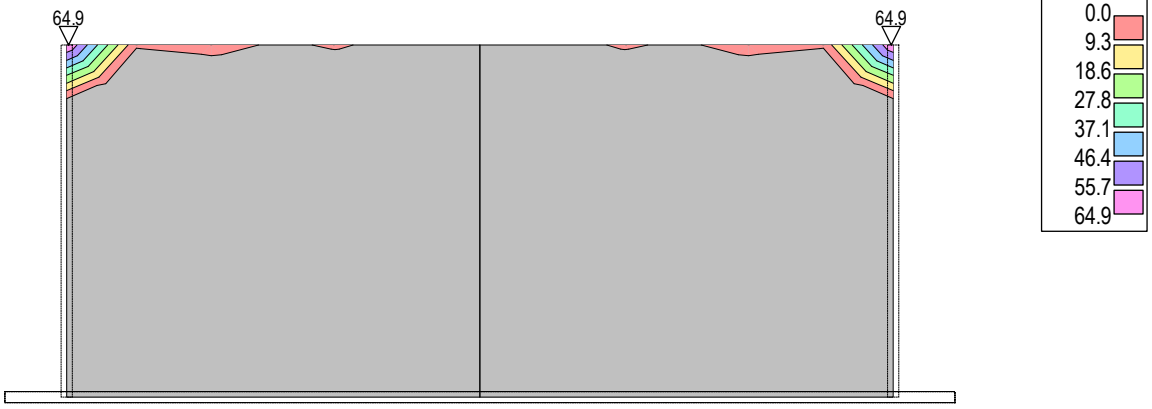
Рам: V_25
Утицаји у плочи: max Ny= 0.0 / min Ny= -3241.5 kN/m

Опт. 116: [сеизмичке комбинације] 88-114



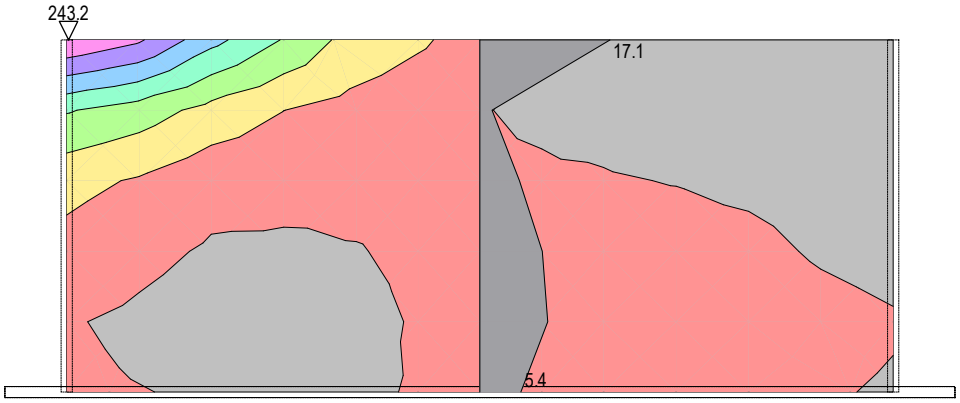
Рам: V_25
Утицаји у плочи: max My= 0.0 / min My= -772.9 kNm/m

Опт. 116: [сеизмичке комбинације] 88-114



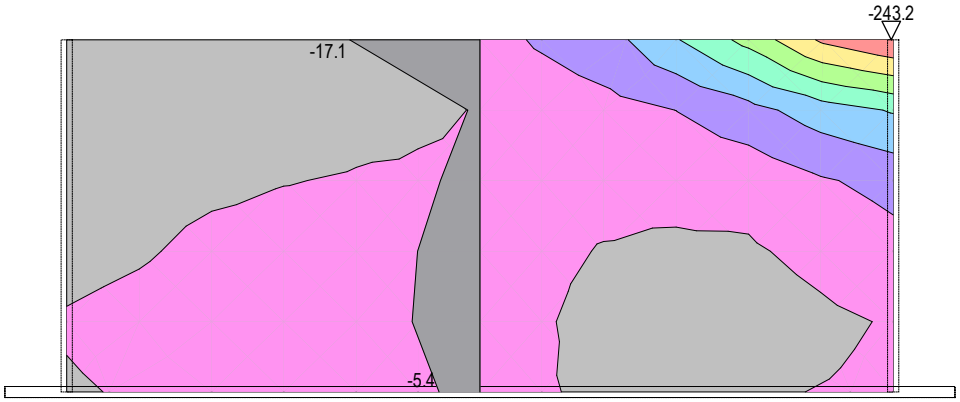
Рам: V_25
Утицаји у плочи: max My= 64.9 / min My= 0.0 kNm/m

Опт. 116: [сеизмичке комбинације] 88-114



Рам: V_25
Утицаји у плочи: max Tz,x= 243.2 / min Tz,x= 0.0 kN/m

Опт. 116: [сеизмичке комбинације] 88-114

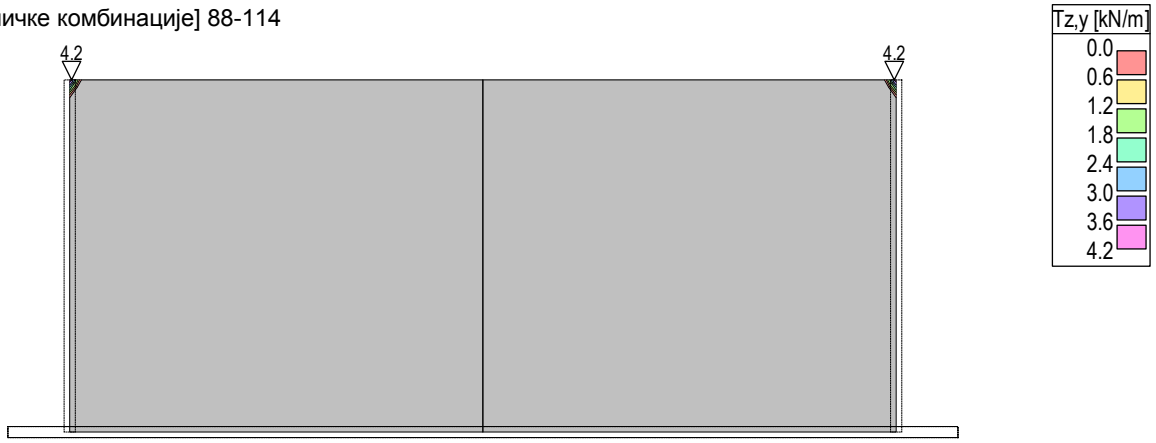


Рам: V_25
Утицаји у плочи: max Tz,x= 0.0 / min Tz,x= -243.2 kN/m

Опт. 116: [сеизмичке комбинације] 88-114

Рам: V_25
Утицаји у плочи: max Tz,y= -6.9 / min Tz,y= -308.4 kN/m

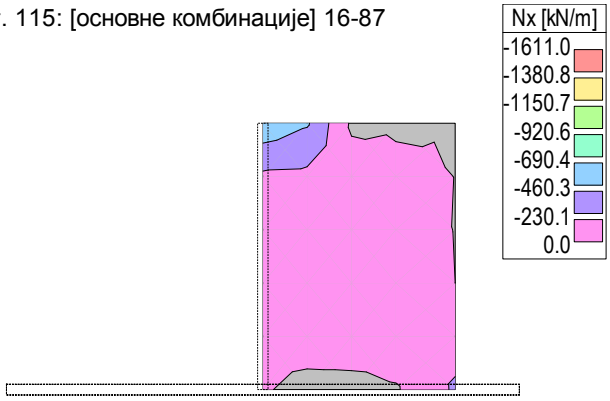
Опт. 116: [сеизмичке комбинације] 88-114



Рам: V_25
Утицаји у плочи: max Tz,y= 4.2 / min Tz,y= 0.0 kN/m

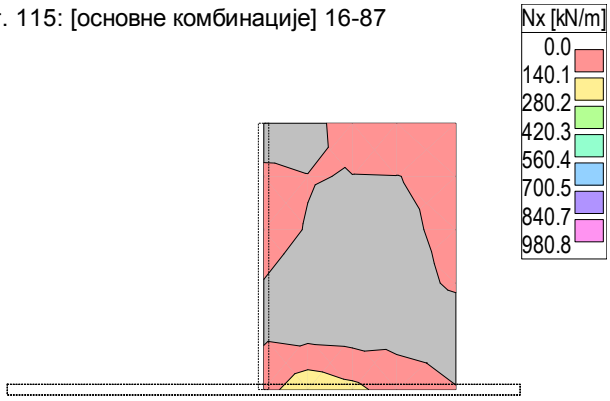
Крилни зидови

Опт. 115: [основне комбинације] 16-87



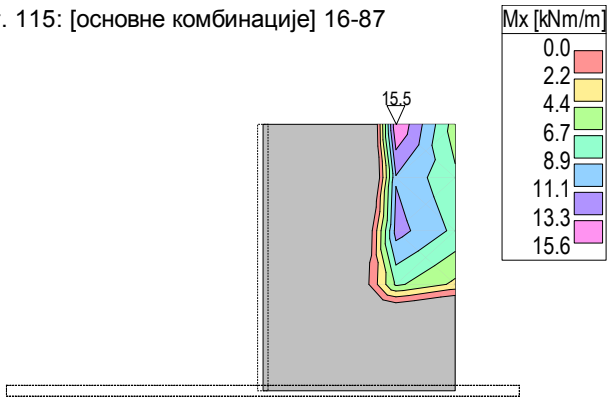
Рам: H_6
Утицаји у плочи: max Nx= 0.0 / min Nx= -1611.0 kN/m

Опт. 115: [основне комбинације] 16-87



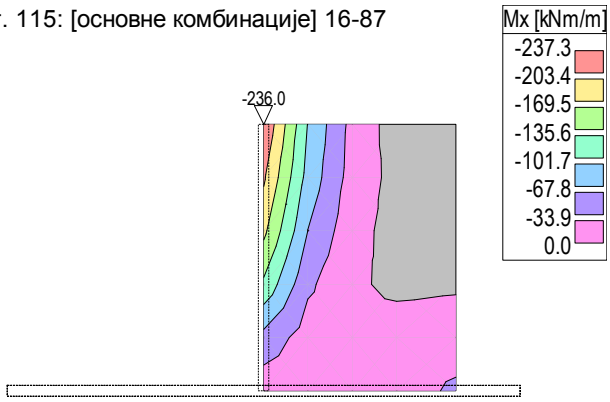
Рам: H_6
Утицаји у плочи: max Nx= 980.8 / min Nx= 0.0 kN/m

Опт. 115: [основне комбинације] 16-87



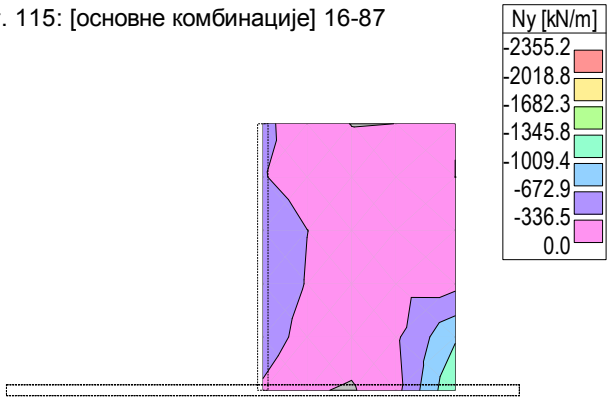
Рам: H_6
Утицаји у плочи: max Mx= 15.5 / min Mx= 0.0 kNm/m

Опт. 115: [основне комбинације] 16-87



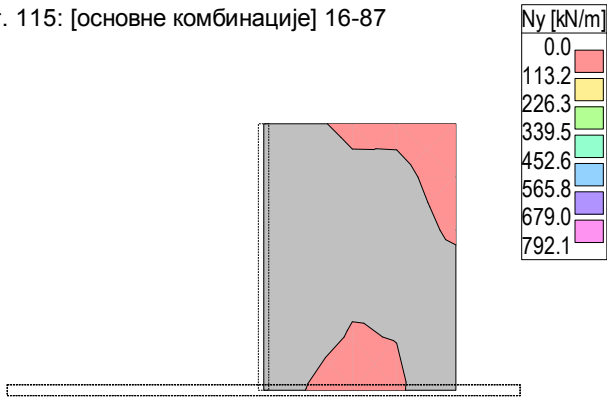
Рам: H_6
Утицаји у плочи: max Mx= 0.0 / min Mx= -237.3 kNm/m

Опт. 115: [основне комбинације] 16-87



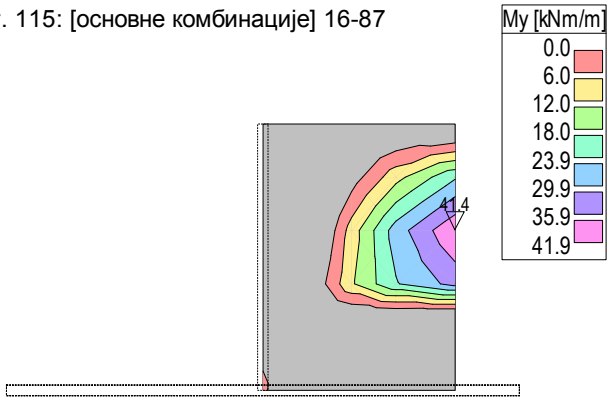
Рам: H_6
Утицаји у плочи: max Ny= 0.0 / min Ny= -2355.2 kN/m

Опт. 115: [основне комбинације] 16-87



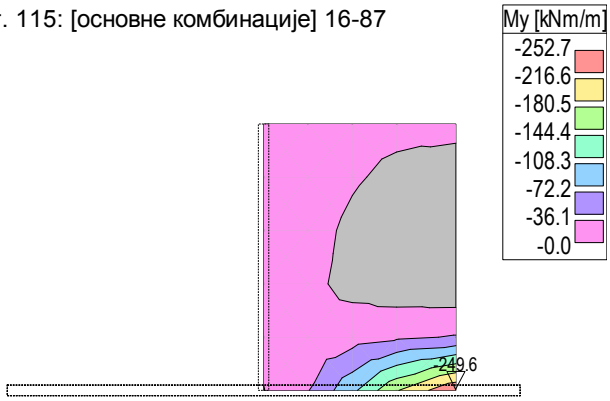
Рам: H_6
Утицаји у плочи: max Ny= 792.1 / min Ny= 0.0 kN/m

Опт. 115: [основне комбинације] 16-87



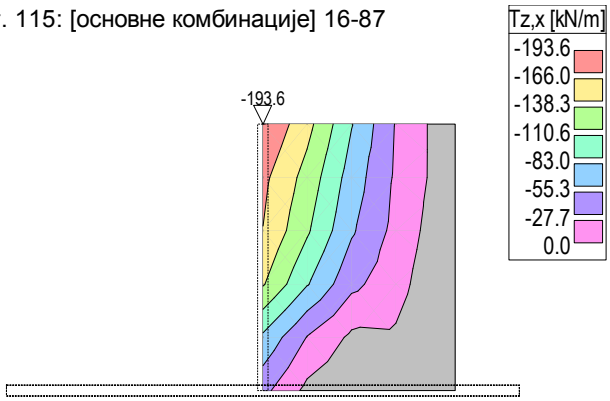
Рам: H_6
Утицаји у плочи: max My= 41.9 / min My= 0.0 kNm/m

Опт. 115: [основне комбинације] 16-87



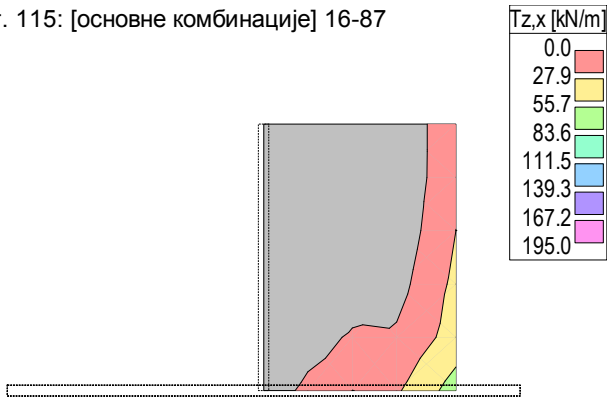
Рам: H_6
Утицаји у плочи: max My= 0.0 / min My= -252.7 kNm/m

Опт. 115: [основне комбинације] 16-87



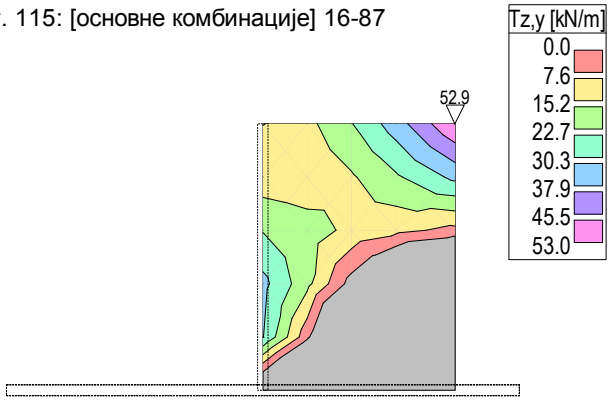
Рам: H_6
Утицаји у плочи: max Tz,x= 0.0 / min Tz,x= -193.6 kN/m

Опт. 115: [основне комбинације] 16-87



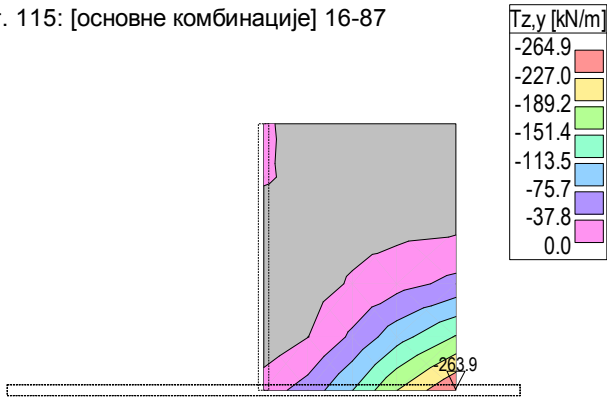
Рам: H_6
Утицаји у плочи: max Tz,x= 195.0 / min Tz,x= 0.0 kN/m

Опт. 115: [основне комбинације] 16-87



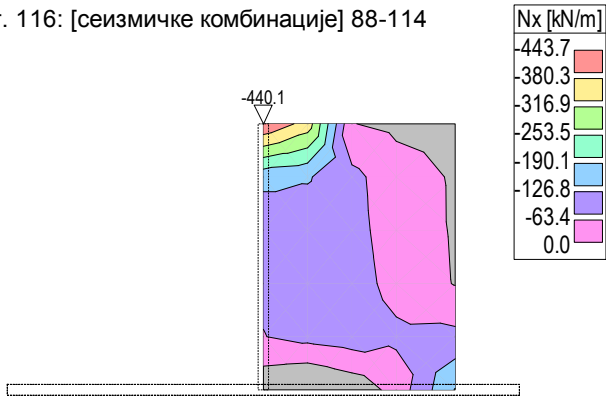
Рам: H_6
Утицаји у плочи: max Tz,y= 53.0 / min Tz,y= 0.0 kN/m

Опт. 115: [основне комбинације] 16-87



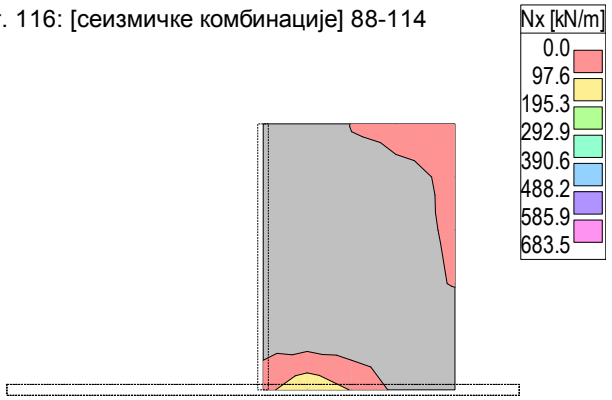
Рам: H_6
Утицаји у плочи: max Tz,y= 0.0 / min Tz,y= -264.9 kN/m

Опт. 116: [сеизмичке комбинације] 88-114



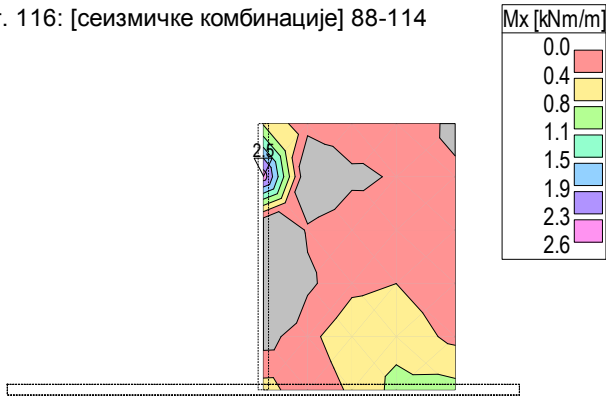
Рам: H_6
Утицаји у плочи: max Nx= 0.0 / min Nx= -443.7 kN/m

Опт. 116: [сеизмичке комбинације] 88-114



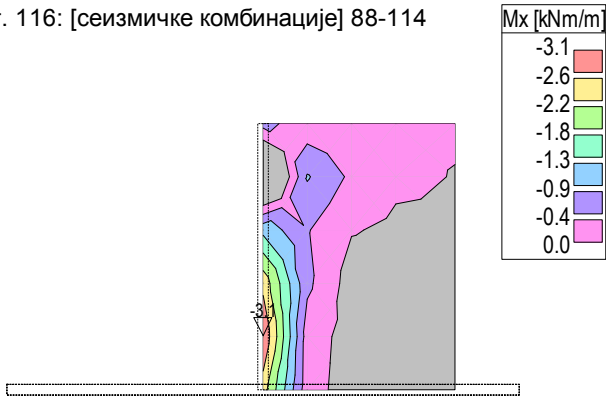
Рам: H_6
Утицаји у плочи: max Nx= 683.5 / min Nx= 0.0 kN/m

Опт. 116: [сеизмичке комбинације] 88-114



Рам: H_6
Утицаји у плочи: max Mx= 2.6 / min Mx= 0.0 kNm/m

Опт. 116: [сеизмичке комбинације] 88-114

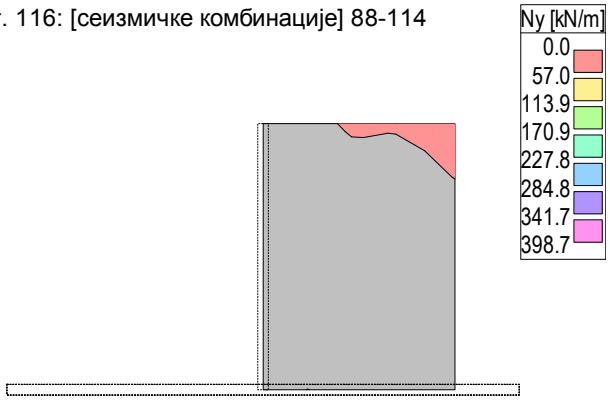


Рам: H_6
Утицаји у плочи: max Mx= 0.0 / min Mx= -3.1 kNm/m

Опт. 116: [сеизмичке комбинације] 88-114

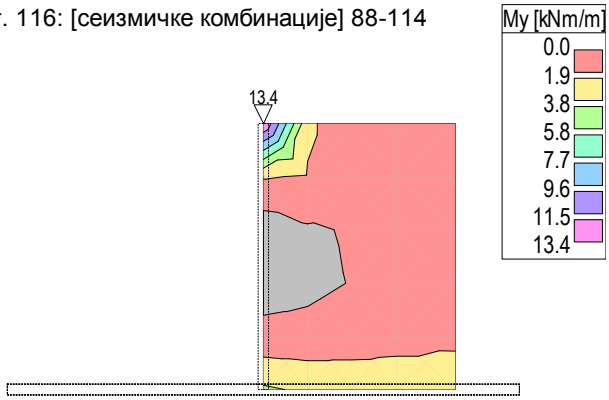
Рам: H_6
Утицаји у плочи: max Ny= 0.0 / min Ny= -869.0 kN/m

Опт. 116: [сеизмичке комбинације] 88-114



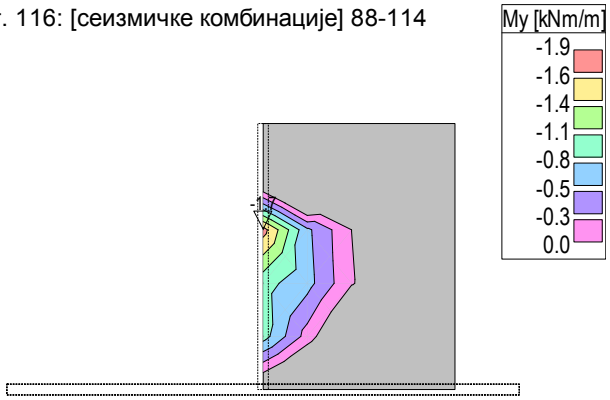
Рам: H_6
Утицаји у плочи: max Ny= 398.6 / min Ny= 0.0 kN/m

Опт. 116: [сеизмичке комбинације] 88-114



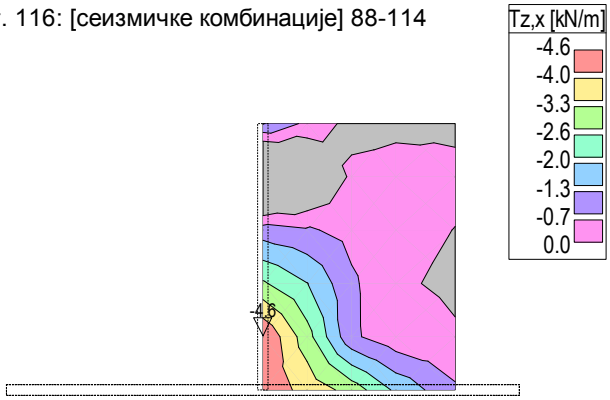
Рам: H_6
Утицаји у плочи: max My= 13.4 / min My= 0.0 kNm/m

Опт. 116: [сеизмичке комбинације] 88-114



Рам: H_6
Утицаји у плочи: max My= 0.0 / min My= -1.9 kNm/m

Опт. 116: [сеизмичке комбинације] 88-114

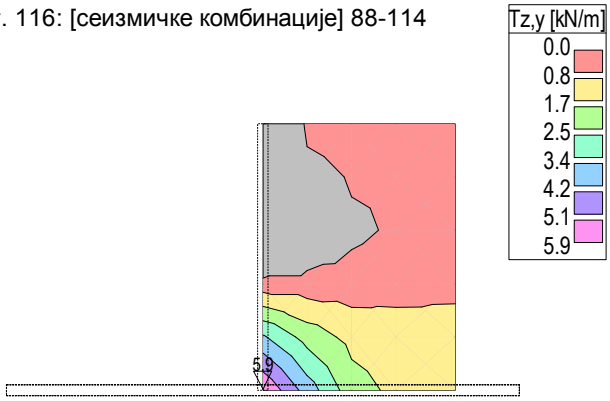


Рам: H_6
Утицаји у плочи: max Tz,x= 0.0 / min Tz,x= -4.6 kN/m

Опт. 116: [сеизмичке комбинације] 88-114

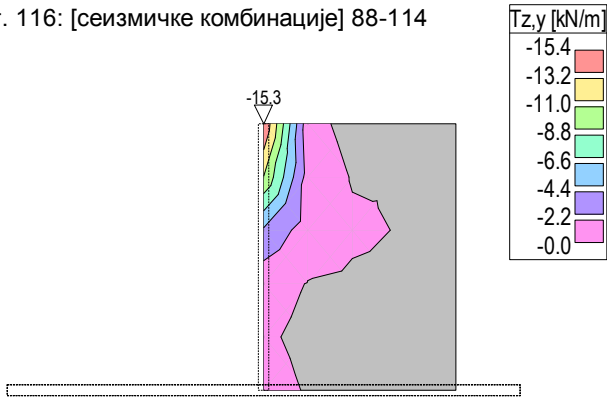
Рам: H_6
Утицаји у плочи: max Tz,x= 4.5 / min Tz,x= 0.0 kN/m

Опт. 116: [сеизмичке комбинације] 88-114



Рам: H_6
Утицаји у плочи: max Tz,y= 5.9 / min Tz,y= 0.0 kN/m

Опт. 116: [сеизмичке комбинације] 88-114



Рам: H_6
Утицаји у плочи: max Tz,y= 0.0 / min Tz,y= -15.4 kN/m

12.2.4 Димензионисање стуба С2 и крилних зидова/ Design of abutments and wing walls S2

Димензионисање парапета обалног стуба С2 (видети део 12.1.4)
Design of parapet wall S2 (see chapter 12.1.4)

Усвојена вертикална арматура/ vertical reinforcement Ø14/10 (Aa=15.39cm²/m)
Усвојена хоризонтална арматура/ horizontal reinforcement Ø12/20 (Aa=5.65cm²/m)

Димензионисање стуба С2/ Design of abutment S2

Како су утицаји у нивоу лежишне греде у стубу С2 незнатно мањи у односу на стуб С1, усваја се иста арматура као у стубу С1. И у доњем делу стуба С2 биће усвојена иста арматура као у С1, упркос мањим утицајима, јер је одређена на основу минималних процената армирања.

Considering that internal forces are slightly lower in the bearing beam of S2 abutment compared to S1, the same reinforcement is adopted as S1. In spite of smaller bending moments and forces in the lower part of the abutment, the same reinforcement is adopted as for S1 because it was determined based on minimal reinforcement percentages.

Лежишна греда формира се у првих 1m висине стуба / Bearing beam is formed in the top 1m of the abutment height

$A_{s,min} = 0.26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b \cdot d = 0.26 \cdot 0.26/50 \cdot 100 \cdot 270 = 36.50 cm^2/m$ (СРПС ЕН 1992-1-1, 9.2)

$A_{s,max} = 0.04 \cdot b \cdot d = 0.04 \cdot 100 \cdot 270 = 1080 \text{cm}^2$

$A_{sw,min} = \left(0{,}08\sqrt{2.5}\right)/50 \cdot 20 \cdot 270 \cdot 1 = 13{,}66\ cm^2$ (СРПС ЕН 1992-1-1, 9.2.2)

Усвојена хоризонтална арматура ***Ø25/10*** *(Aa=49.10cm²/m)* обострано по висини лежишне греде
Adopted horizontal reinforcement ***Ø25/10*** (*Aa=49.10cm2/m*) on both sides along the beam height

Усвојене четворосечне вертикалне узенгије ***Ø12/20*** *(Aa=22.60cm²/m)* у висини лежишне греде
Adopted four vertical stirrups ***Ø12/20*** (*Aa=22.60cm2/m*) along the beam height

Арматура у стубу, усваја се на основу минималних процената / Abutment reinforcement is determined based on minimal reinforcement percentages.

$A_{s,vmin} = 0.002 \cdot 100 \cdot 280 = 56 cm^2/m^2$ (СРПС ЕН 1992-1-1, 9.6.2 и /НА тачка 2.89)

$A_{s,max} = 0.04 \cdot b \cdot d = 0.04 \cdot 100 \cdot 280 = 1080 \text{cm}^2$

$A_{s,hmin} = \max(0.25A_{s,v};\ 0.001A_c) = 28\text{cm}^2/\text{m}$ (СРПС ЕН 1992-1-1,9.6.3, /НА тачка 2.89)

Усваја се вертикална арматура ***Ø20/10*** *(Aa=31.4cm²/m)* обострано по ширини стуба
Adopted vertical reinforcement ***Ø20/10*** (*Aa=31.4cm2/m*) on both sides along the abutment width

Усваја се хоризонталана арматура ***Ø16/10*** *(Aa=20.1cm²/m)* обострано
Adopted horizontal reinforcement ***Ø16/10*** (*Aa=20.1cm2/m*) on both sides

Димензионисање крилног зида/ Design of wing walls

Усваја се вертикална арматура ***Ø16/20*** *(Aa=10.05cm²/m)* обострано
Adopted vertical reinforcement ***Ø16/20*** *(Aa=10.05cm2/m)* on both sides

Усваја се хоризонталана арматура **Ø16/20** (Aa=10.05cm2/m) обострано
Adopted horizontal reinforcement ***Ø16/20*** *(Aa=10.05cm2/m)* on both sides

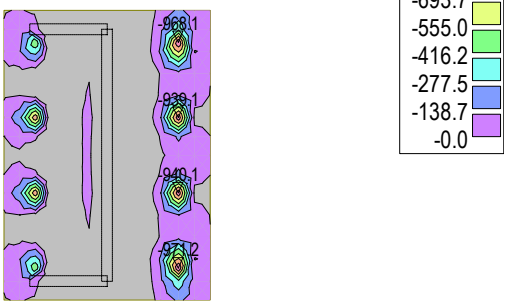
На споју крилног зида са стубом и наглавном гредом: :/ At the joint between abutment and cap beam:

Усваја се додатна арматура ***Ø20/20*** *(Aa=15.70cm²/m)* обострано
Adopted additional reinforcement Ø20/20 (Aa=15.70cm2/m) on both sides

12.3 Наглавна греда C1/ Pile cap S1

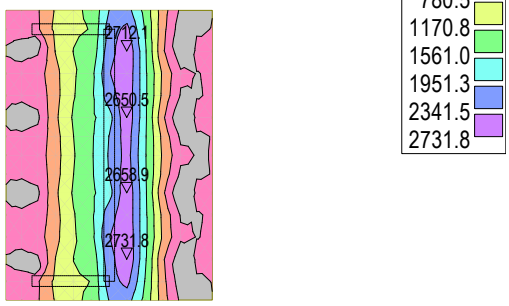
12.3.1 Статички утицаји услед меродавних комбинација оптерећења стуб C1/ Internal forces and moments S1

Опт. 115: [основне комбинације] 16-87



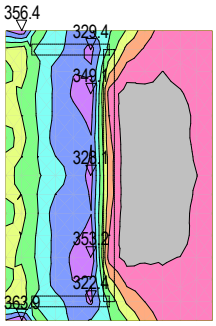
Ниво: naglavna greda [-6.70 m]
Утицаји у плочи: max Mx= 0.0 / min Mx= -971.2 kNm/m

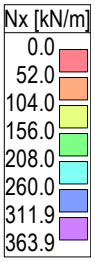
Опт. 115: [основне комбинације] 16-87



Ниво: naglavna greda [-6.70 m]
Утицаји у плочи: max Mx= 2731.8 / min Mx= 0.0 kNm/m

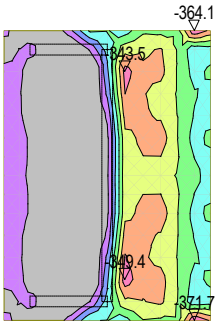
Опт. 115: [основне комбинације] 16-87

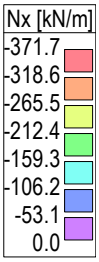




Ниво: naglavna greda [-6.70 m]
Утицаји у плочи: max Nx= 363.9 / min Nx= 0.0 kN/m

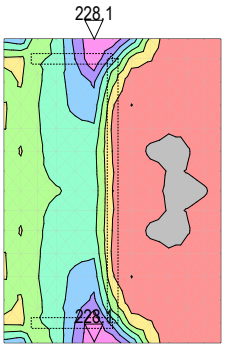
Опт. 115: [основне комбинације] 16-87

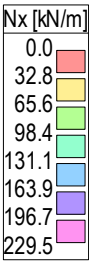




Ниво: naglavna greda [-6.70 m]
Утицаји у плочи: max Nx= 0.0 / min Nx= -371.7 kN/m

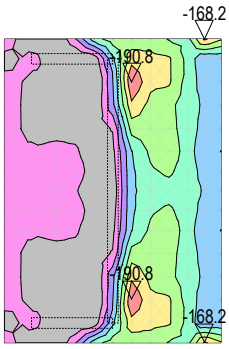
Опт. 116: [сеизмичке комбинације] 88-114

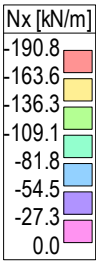




Ниво: naglavna greda [-6.70 m]
Утицаји у плочи: max Nx= 229.5 / min Nx= 0.0 kN/m

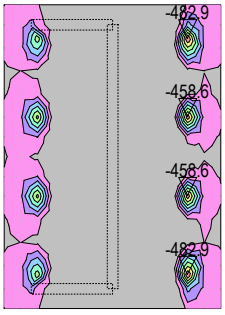
Опт. 116: [сеизмичке комбинације] 88-114

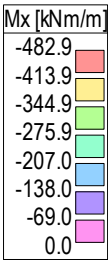




Ниво: naglavna greda [-6.70 m]
Утицаји у плочи: max Nx= 0.0 / min Nx= -190.8 kN/m

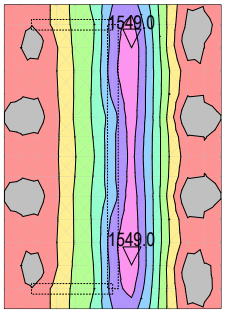
Опт. 116: [сеизмичке комбинације] 88-114

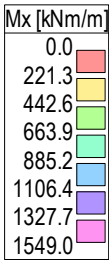




Ниво: naglavna greda [-6.70 m]
Утицаји у плочи: max Mx= 0.0 / min Mx= -482.9 kNm/m

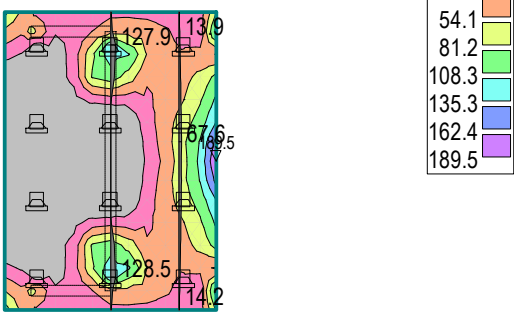
Опт. 116: [сеизмичке комбинације] 88-114





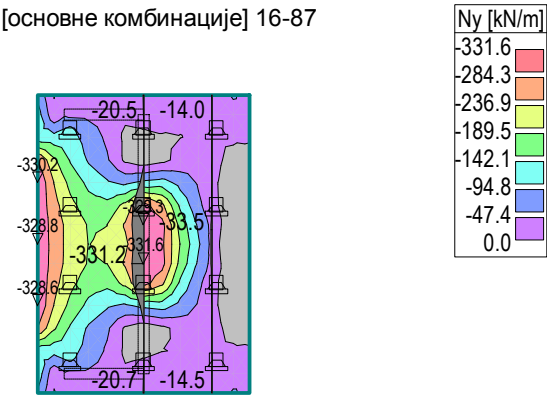
Ниво: naglavna greda [-6.70 m]
Утицаји у плочи: max Mx= 1549.0 / min Mx= 0.0 kNm/m

Опт. 115: [основне комбинације] 16-87



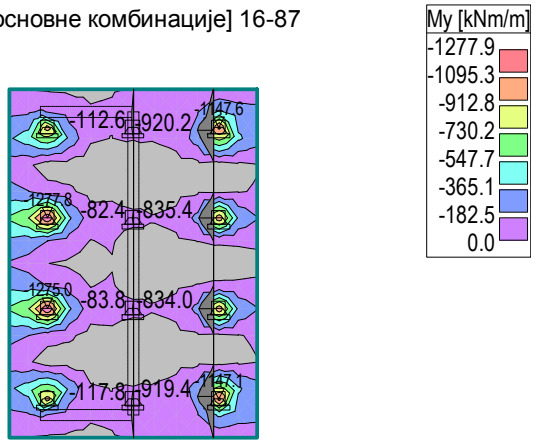
Ниво: naglavna greda [-6.70 m]
Утицаји у плочи: max Ny= 189.5 / min Ny= 0.0 kN/m

Опт. 115: [основне комбинације] 16-87



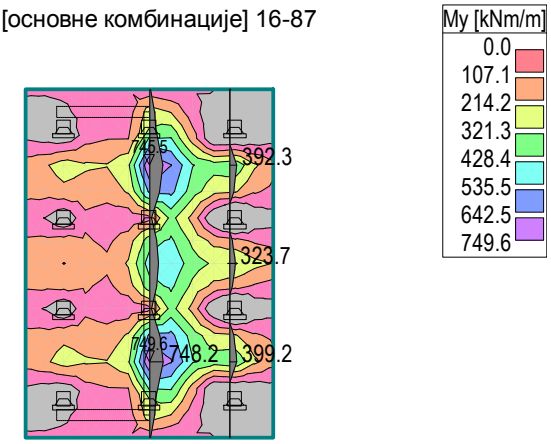
Ниво: naglavna greda [-6.70 m]
Утицаји у плочи: max Ny= 0.0 / min Ny= -331.6 kN/m

Опт. 115: [основне комбинације] 16-87



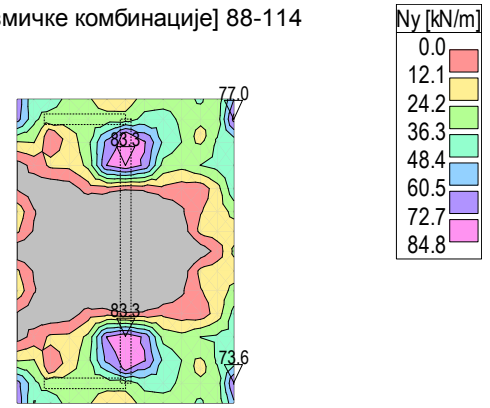
Ниво: naglavna greda [-6.70 m]
Утицаји у плочи: max My= 0.0 / min My= -1277.8 kNm/m

Опт. 115: [основне комбинације] 16-87



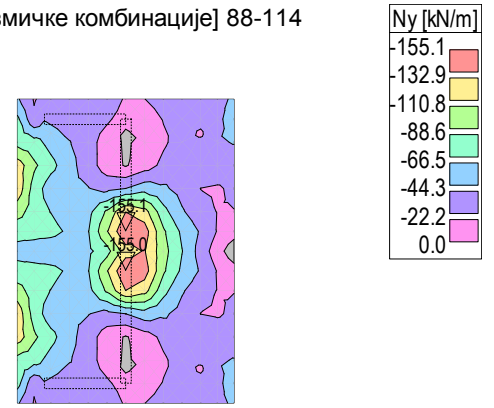
Ниво: naglavna greda [-6.70 m]
Утицаји у плочи: max My= 749.6 / min My= 0.0 kNm/m

Опт. 116: [сеизмичке комбинације] 88-114



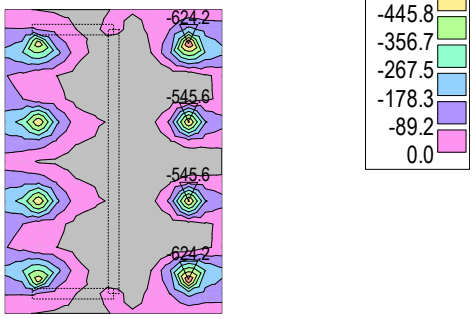
Ниво: naglavna greda [-6.70 m]
Утицаји у плочи: max Ny= 84.8 / min Ny= 0.0 kN/m

Опт. 116: [сеизмичке комбинације] 88-114



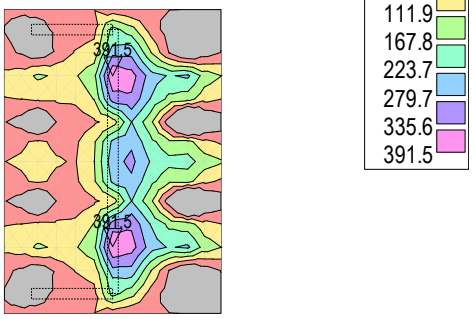
Ниво: naglavna greda [-6.70 m]
Утицаји у плочи: max Ny= 0.0 / min Ny= -155.1 kN/m

Опт. 116: [сеизмичке комбинације] 88-114



Ниво: naglavna greda [-6.70 m]
Утицаји у плочи: max My= 0.0 / min My= -624.2 kNm/m

Опт. 116: [сеизмичке комбинације] 88-114



Ниво: naglavna greda [-6.70 m]
Утицаји у плочи: max My= 391.5 / min My= 0.0 kNm/m

12.3.2 Димензионисање наглавнице C1/ Design of pile cap S1

12.3.2.1 Минимална и максимална арматура/ Minimum and maximum reinforcement areas

$A_{s,min} = 0.26\frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b \cdot d = 0.26\frac{0.26}{50}100 \cdot 200 = 27.04cm^2$ (СРПС ЕН EN 1992-1-1, 9.2)

$A_{s,max} = 0.04 \cdot b \cdot d = 0.04 \cdot 100 \cdot 200 = 800.00cm^2$

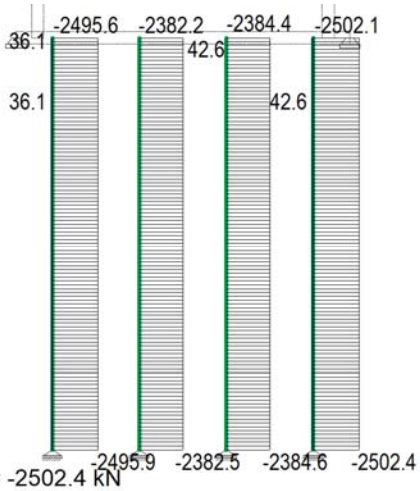
$\rho_w = A_{sw}/(s \cdot b \cdot \sin\alpha) = 8.04/(20 \cdot 100 \cdot 1) = 0.40\% > (0.08\sqrt{f_{ck}})/f_{yk} = 0.32\%$

12.3.2.2 Димензионисање арматуре у попречном правцу C1/ Reinforcement in transverse direction S1

Силе у шиповима за УЛС комбинацију оптерећења – за сталне или пролазне прорачунске ситуације без тежине наглавнице и тежине земље на наглавници

Pile forces for ULS combination – for permanent and transient design situation without pile cap selfweight and weight of soil on the pile cap

Опт. 115: [основне комбинације] 16-87

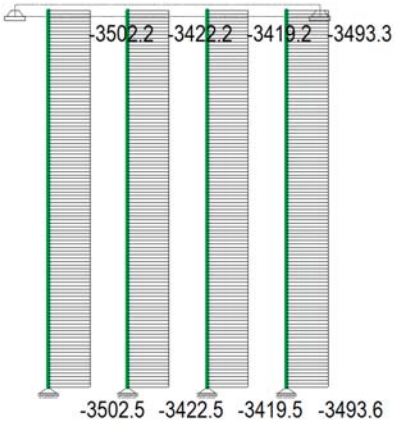


Рам: V_26
Утицаји у греди: max N1= 42.6 / min N1= -2502.4 kN

Опт. 115: [основне комбинације] 16-87

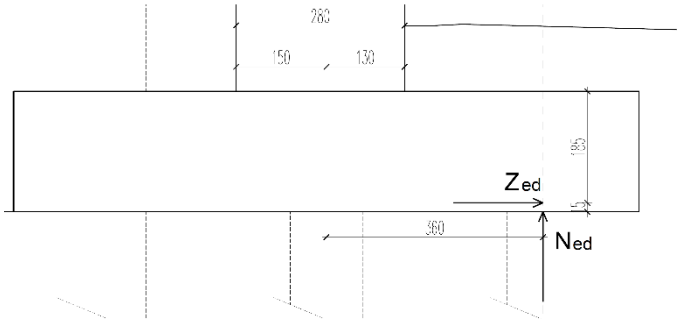
Рам: V_1
Утицаји у греди: max N1= 272.6 / min N1= -8669.2 kN

Опт. 115: [основне комбинације] 16-87



Рам: V_27
Утицаји у греди: max N1= -1005.1 / min N1= -3502.5 kN

maxNu=3502.5kN



$Z_{Ed}=N_{Ed}\cdot 3.6 /1.85=3502.5x3.6/1.85=6815.7kN$
$_{pot}A_{s,h}=6815.7/(3.6\cdot 50/1.15)=43.5cm^2/m$
Усвојено ***±Ø25/10***($A_{s,h}$=49.1cm²/m)

Димензионисање према трансверзалним силама / Shear forces design
V_{Ed}=3502.5/1.2=2918,8 kN/m

$$\max V_{Rd}=\frac{b\cdot 0.9d\cdot \nu\cdot f_{cd}}{2}\geq\ V_{Rd,c}=[C_{Rd,c}\cdot k\cdot(100\cdot\rho_l\cdot f_{ck})^{1/3}]\cdot b\cdot d\quad\geq \min V_{Rd,c}=\nu_{\min}\cdot b\cdot d$$

$$k=1+\sqrt{\frac{200}{d}}=1+\sqrt{\frac{200}{1850}}=1.329<2$$

$$\rho_i = \frac{A_{Sl}}{b \cdot d} = \frac{49.1}{100 \cdot 185} = 0.0026 < 0.02$$

$C_{Rd,c}$=0.18 / γ_c=0.18/1.5 =0.12

$$v_{min} = 0.035 \cdot k^{\frac{3}{2}} \cdot f_{ck}^{\frac{1}{2}} = 0.035 \cdot 1.329^{\frac{3}{2}} \cdot 2.5^{\frac{1}{2}} = 0.085$$

$$V_{Rd,c} = \left[0.12 \cdot 1.329 \cdot (100 \cdot 0.0026 \cdot 2.5)^{1/3}\right] \cdot 100 \cdot 185 = 2407 kN/m$$

minV_{Rdc}=0.085x100x185=1572kN/m<V_{Ed} – потребна арматура

maxV_{Rd}=$\alpha_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot \nu_1 \cdot f_{cd}/(\cot\theta+\tan\theta)$=1·100·0.9·185·0.6·(0.85·2.5/1.5)/2=7076kN/m > V_{Rdc}

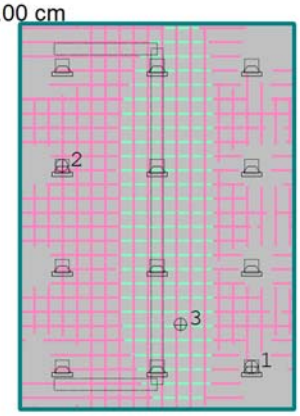
$A_{sw}=V_{Rd,s} \cdot s/z \cdot f_{ywd} \cdot \cot\theta$=2918,8·20/(0,9·185·50·1/1.15)=8.0cm²/m

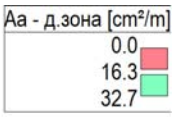
Усвајају се узенгије **2xU∅*16/20*** ($A_{s,h}$=8.04cm²/m) у ширини главе шипа на целој дужини

Adopted stirrups **2xU∅16/20** (As,h=8.04cm2/m) in the pile width along the entire pile cap

12.3.2.3 Димензионисање арматуре наглавнице стуба C1/ Design of pile cap reinforcement S1

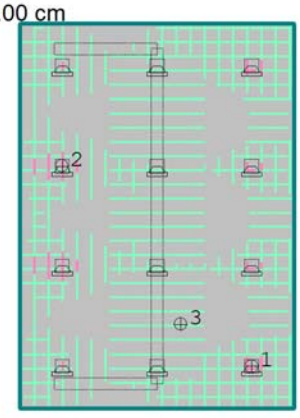
Меродавно оптерећење: 16-114
SRPS EN 1992-1-1, C25/30, B500A, a=15.00 cm





Ниво: naglavna greda [-6.70 m]
Aa - д.зона - max Aa,д= 32.7 cm²/m

Меродавно оптерећење: 16-114
SRPS EN 1992-1-1, C25/30, B500A, a=15.00 cm



Ниво: naglavna greda [-6.70 m]
Aa - г.зона - max Aa,г= -13.0 cm²/m

Ниво: naglavna greda [-6.70 m]
SRPS EN 1992-1-1
α,cc = 0.85
д,пл=200.0 cm
C25/30 (γC = 1.50, γS = 1.15) [СП]

Правац 2: (α=90°)
Меродавна комбинација:
1.35xI+1.35xII+1.35xIII+1.35xIV
+1.75xV-1.75xVI+1.12xVII+1.50xVIII
+1.50xIX+0.88xX+1.35xXI

Горња зона: B500A (a=15.0 cm)
Доња зона: B500A (a=15.0 cm)
Димензионисање групе случајева оптерећења: 16-114 (анвелопа)

Тачка 1
X=36.4 m; Y=-0.4 m; Z=-6.7 m
Правац 1: (α=0°)
Меродавна комбинација:
1.35xI+1.35xII+1.35xIII+1.35xIV
+1.75xV+1.75xVI-1.12xVII+1.50xVIII
+1.50xIX-0.88xX+1.35xXI
Med = -675.10 kNm
Ned = 0.00 kN
εb/εa = -0.932/25.000 ‰
Аг1 = 8.50 cm²/m
Ад1 = 0.00 cm²/m

Правац 2: (α=90°)
Меродавна комбинација:
1.35xI+1.35xII+1.35xIII+1.35xIV
+1.75xV+1.75xVI-1.12xVII+1.50xVIII
+1.50xIX-0.88xX+1.35xXI
Med = -860.14 kNm
Ned = 0.00 kN
εb/εa = -1.070/25.000 ‰
Аг2 = 10.85 cm²/m
Ад2 = 0.05 cm²/m

Тачка 2
X=29.2 m; Y=7.2 m; Z=-6.7 m
Правац 1: (α=0°)
Меродавна комбинација:
1.00xI+1.00xII+1.00xIII+1.00xIV
+1.00xXII-0.30xXIII+0.30xXIV+1.00xXV
Med = 156.44 kNm
Ned = 0.00 kN
εb/εa = -0.771/25.000 ‰
Аг1 = 7.27 cm²/m
Ад1 = 1.65 cm²/m

Med = -1032.43 kNm
Ned = 0.00 kN
εb/εa = -1.218/25.000 ‰
Аг2 = 13.01 cm²/m
Ад2 = 1.37 cm²/m

Тачка 3
X=33.7 m; Y=1.2 m; Z=-6.7 m
Правац 1: (α=0°)
Меродавна комбинација:
1.35xI+1.35xII+1.35xIII+1.35xIV
+1.75xV+1.75xVI-1.12xVII+1.50xVIII
+1.50xIX-0.88xX+1.35xXI
Med = 2550.06 kNm
Ned = 0.00 kN
εb/εa = -2.138/25.000 ‰
Аг1 = 0.16 cm²/m
Ад1 = 32.68 cm²/m

Правац 2: (α=90°)
Меродавна комбинација:
1.35xI+1.35xII+1.35xIII+1.35xIV
+1.75xV+1.75xVI+1.12xVII+1.50xVIII
+1.50xIX-0.88xX+1.35xXI
Med = 637.95 kNm
Ned = 0.00 kN
εb/εa = -0.902/25.000 ‰
Аг2 = 0.00 cm²/m
Ад2 = 8.03 cm²/m

Усвојено/ Adopted :

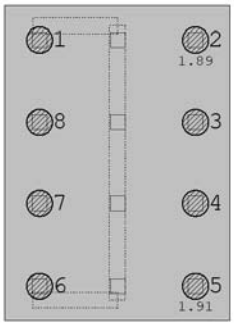
доња зона x-правац ***∅25/10*** ($A_{s,h}$=49.1cm²/m),
bottom x-direction
y-правац ***∅25/20*** ($A_{s,h}$=24.6cm²/m)
y-direction

горња зона x-правац ***∅22/10*** ($A_{s,h}$=38.0cm²/m)
top x-direction

y-правац ***∅22/10*** ($A_{s,h}$=38.0cm²/m)
y-direction

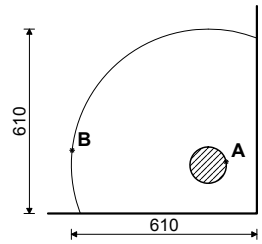
12.3.3 Контрола наглавне греде стуба C1 на пробој/ Punching S1

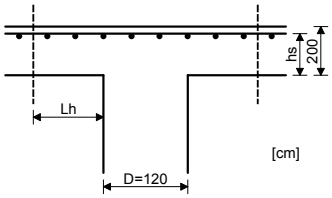
Load 117: [анвелопа] 16-114



Level: naglavna greda [-6.70 m]
Vector sections: Ms

Slab punching verification
EC 2 (EN 1992-1-1:2004)
Level: naglavna greda [-6.70 m]
Section 5 (36.38,-0.42,-6.70)
C25/30





CHECK AT THE FACE OF THE COLUMN

Critical combination:
1.35xI+1.35xII+1.35xIII+1.35xIV+1.75xV(1)+1.75xVI-1.12xVII+1.50xVIII+1.50xIX-0.88xX+1.35xXI

Column force (Design)	N =	5348.0 kN
Maximal shear stress (point A)	ved =	0.727 MPa
Slab thickness	d,pl =	2.000 m
Effective depth of the slab	hs =	1.950 m
Characteristic compressive cylinder strength of concrete	fck =	25.000 MPa
Design value of concrete compressive strength	fcd =	16.667 MPa
Factor	v =	0.540
Factor	γc =	1.500
Design value of the maximum shear force	vRd,max = 0.40×v×fcd =	3.600 MPa

Condition: ved <= vRd,max (0.73 <= 3.60)

The criteria is satisfied.

CHECK AT THE CRITICAL PERIMETER 1. (Lh = 3.90m from the column)

Critical combination:
1.35xI+1.35xII+1.35xIII+1.35xIV+1.75xV(1)+1.75xVI-1.12xVII+1.50xVIII+1.50xIX-0.88xX+1.35xXI

Column force (Design)	N =	5348.0 kN
Maximal shear stress (point B)	ved =	0.265 MPa
Slab thickness	d,pl =	2.000 m
Effective depth of the slab	hs =	1.950 m
Length of the critical perimeter	u1 =	10.340 m
Characteristic compressive cylinder strength of concrete	fck =	25.000 MPa
Design value of concrete compressive strength	fcd =	16.667 MPa
Factor	v =	0.540
Factor	γc =	1.500
Design value of the maximum shear force	vRd,max = 0.40×v×fcd =	3.600 MPa

Condition: ved <= vRd,max (0.27 <= 3.60)
The criteria is satisfied.

Existing slab reinforcement

Area of the reinforcement - direction 1	Aa,1 =	38.013 cm2
Reinforcement ratio - direction 2	ρ,1 =	0.195 %
Area of the reinforcement - direction 2	Aa,2 =	38.013 cm2
Reinforcement ratio - direction 2	ρ,2 =	0.195 %
Mean value of reinforcement ratio	ρl =	0.195 %
Factor	CRd,c =	0.120
Factor	K1 =	0.100
Factor	k,vmin=	0.035
Factor	vmin=	0.265
Normal concrete stress	σcp =	-0.074 MPa
Punching shear resistance of slab without shear reinforcement	vRd,c =	0.261 MPa

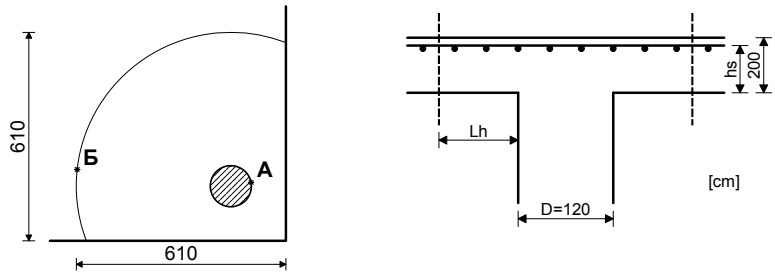
Condition: ved <= vRd,c (0.27 <= 0.26)
Shear reinforcements is required.

Condition: ved / vRd,c <= kmax (0.27 / 0.26 = 1.02 <= 1.50)
The criteria is satisfied.

Punching shear reinforcement B500A

Inclination angle	α =	90°
Bar spacing in radial direction	sr =	20.000 cm
Required area of shear reinforcement	Asw =	1.912 cm2

Контрола плоча на пробијање
EC 2 (EN 1992-1-1:2004)
Ниво: naglavna greda [-6.70 m]
Пресек 5 (36.38,-0.42,-6.70)
C25/30



КОНТРОЛА ПРЕСЕКА УЗ ИВИЦУ СТУБА

Меродавна комбинација:
1.35xI+1.35xII+1.35xIII+1.35xIV+1.75xV(1)+1.75xVI-1.12xVII+1.50xVIII+1.50xIX-0.88xX+1.35xXI
Рачунска сила у стубу N = 5348.0 kN
Меродавни смичући напон (тачка А) ved = 0.727 MPa
Дебљина плоче d,pl = 2.000 m
Статичка висина плоче hs = 1.950 m

Чврстоћа бетона fck = 25.000 MPa
Рачунска чврстоћа бетона fcd = 16.667 MPa
Коефицијент v = 0.540
Коефицијент γc = 1.500
Максимална отпорност vRd,max = 0.40×v×fcd = 3.600 MPa

Услов: ved <= vRd,max (0.73 <= 3.60)
Услов је испуњен.

КОНТРОЛА КРИТИЧНОГ ПРЕСЕКА 1. (Lh = 3.90m од ивице стуба)

Меродавна комбинација:
1.35xI+1.35xII+1.35xIII+1.35xIV+1.75xV(1)+1.75xVI-1.12xVII+1.50xVIII+1.50xIX-0.88xX+1.35xXI
Рачунска сила у стубу N = 5348.0 kN
Меродавни смичући напон (тачка Б) ved = 0.265 MPa
Дебљина плоче d,pl = 2.000 m
Статичка висина плоче hs = 1.950 m

Обим критичног пресека u1 = 10.340 m

Чврстоћа бетона fck = 25.000 MPa
Рачунска чврстоћа бетона fcd = 16.667 MPa
Коефицијент v = 0.540
Коефицијент γc = 1.500
Максимална отпорност vRd,max = 0.40×v×fcd = 3.600 MPa

Услов: ved <= vRd,max (0.27 <= 3.60)
Услов је испуњен.

Постојећа арматура у плочи
Површина арматуре - правац 1 Aa,1 = 38.013 cm2
Проценат армирања - правац 1 ρ,1 = 0.195 %
Површина арматуре - правац 2 Aa,2 = 38.013 cm2
Проценат армирања - правац 2 ρ,2 = 0.195 %
Средња вредност процента армирања ρl = 0.195 %
Коефицијент CRd,c = 0.120
Коефицијент K1 = 0.100
Коефицијент k,vmin= 0.035
Коефицијент vmin= 0.265
Нормални напон у бетону σcp = -0.074 MPa

Отпорност на пробијање плоче без додатне арматуре за обезбеђење
vRd,c = 0.261 MPa

Услов: ved <= vRd,c (0.27 <= 0.26)
Потребна је додатна арматура за обезбеђење од пробијања плоче.

Услов: ved / vRd,c <= kmax (0.27 / 0.26 = 1.02 <= 1.50)
Услов је испуњен.

Арматура за обезбеђење од пробијања плоче B500A
Угао према главној арматури α = 90°
Размак између шипки у радијалном правцу sr = 20.000 cm

Потребна површина арматуре Asw = 1.912 cm2

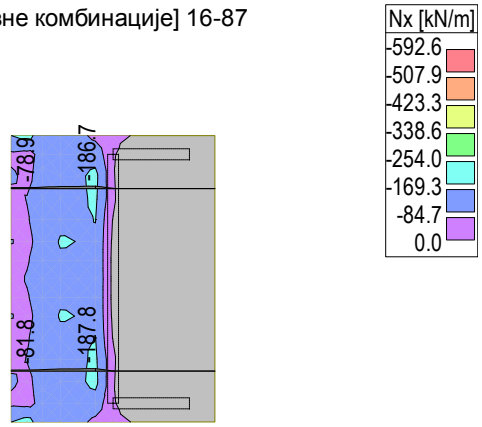
Усвојене узенгије у попречном правцу **2xU∅*16/20*** ($A_{s,h}$=8.04cm^2/m) имају довољну носивост
Adopted stirrups in the latteral direction 2xU∅16/20 (As,h=8.04cm2/m) have sufficient capacity.

Усвајају се вертикалне четворосечне узенгије у подужном правцу ***UØ12/10*** (A_{sw}= 4.52cm^2)
Adopted double vertical stirupps in longitudinal direction **UØ20/15** (Asw= 4.52cm2)

12.4 Наглавна греда C2/ Pile cap S2

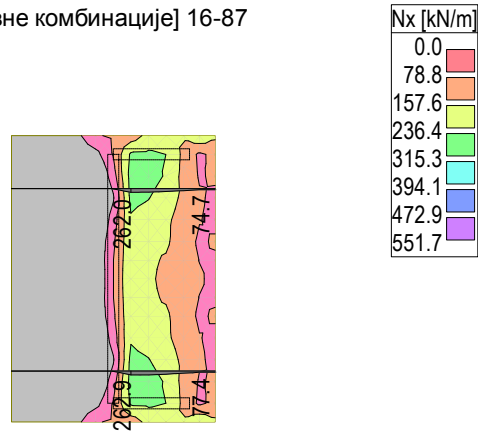
12.4.1 Статички утицаји услед меродавних комбинација оптерећења стуб C2/ Internal forces and moments S2

Опт. 115: [основне комбинације] 16-87



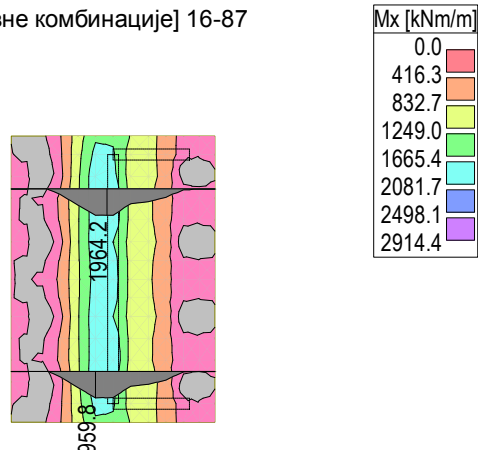
Ниво: naglavna greda [-6.70 m]
Утицаји у плочи: max Nx= 0.0 / min Nx= -592.5 kN/m

Опт. 115: [основне комбинације] 16-87



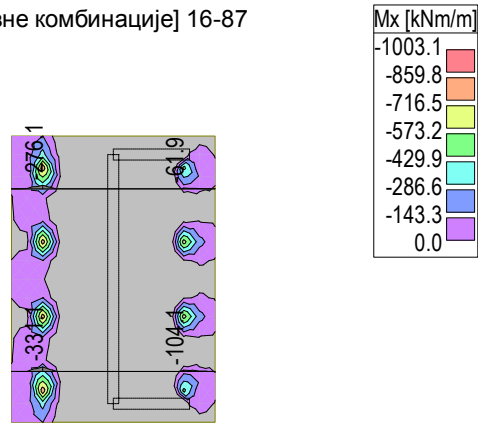
Ниво: naglavna greda [-6.70 m]
Утицаји у плочи: max Nx= 551.7 / min Nx= 0.0 kN/m

Опт. 115: [основне комбинације] 16-87



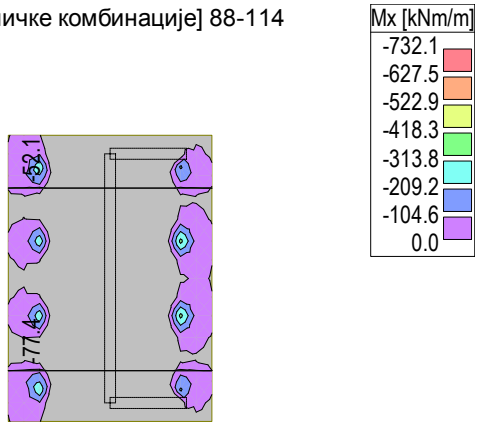
Ниво: naglavna greda [-6.70 m]
Утицаји у плочи: max Mx= 2914.4 / min Mx= 0.0 kNm/m

Опт. 115: [основне комбинације] 16-87



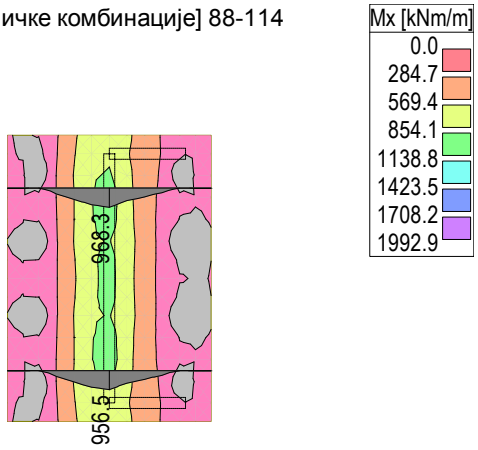
Ниво: naglavna greda [-6.70 m]
Утицаји у плочи: max Mx= 0.0 / min Mx= -1003.1 kNm/m

Опт. 116: [сеизмичке комбинације] 88-114



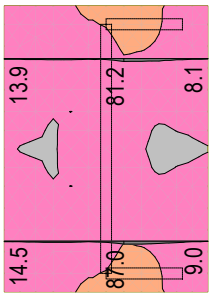
Ниво: naglavna greda [-6.70 m]
Утицаји у плочи: max Mx= 0.0 / min Mx= -732.1 kNm/m

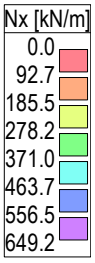
Опт. 116: [сеизмичке комбинације] 88-114



Ниво: naglavna greda [-6.70 m]
Утицаји у плочи: max Mx= 1992.9 / min Mx= 0.0 kNm/m

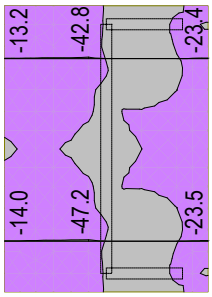
Опт. 116: [сеизмичке комбинације] 88-114

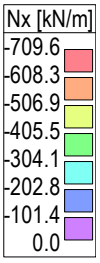




Ниво: naglavna greda [-6.70 m]
Утицаји у плочи: max Nx= 649.2 / min Nx= 0.0 kN/m

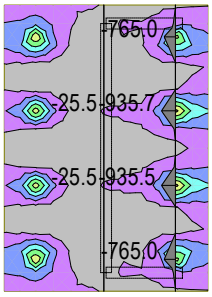
Опт. 116: [сеизмичке комбинације] 88-114

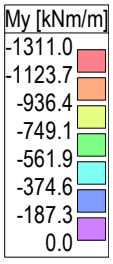




Ниво: naglavna greda [-6.70 m]
Утицаји у плочи: max Nx= 0.0 / min Nx= -709.6 kN/m

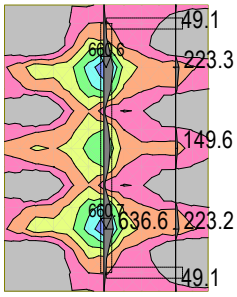
Опт. 115: [основне комбинације] 16-87

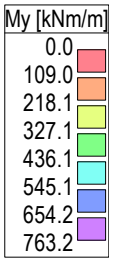




Ниво: naglavna greda [-6.70 m]
Утицаји у плочи: max My= 0.0 / min My= -1311.0 kNm/m

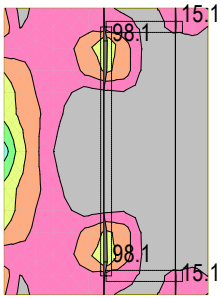
Опт. 115: [основне комбинације] 16-87

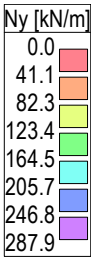




Ниво: naglavna greda [-6.70 m]
Утицаји у плочи: max My= 763.2 / min My= 0.0 kNm/m

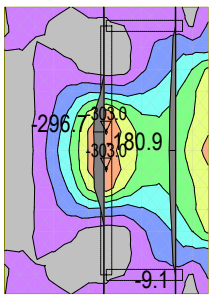
Опт. 115: [основне комбинације] 16-87

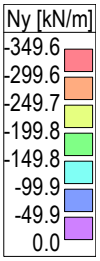




Ниво: naglavna greda [-6.70 m]
Утицаји у плочи: max Ny= 287.9 / min Ny= 0.0 kN/m

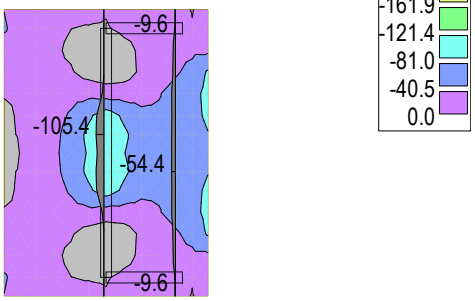
Опт. 115: [основне комбинације] 16-87





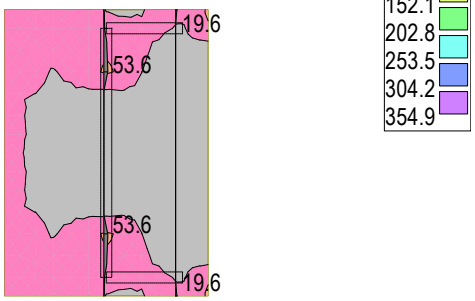
Ниво: naglavna greda [-6.70 m]
Утицаји у плочи: max Ny= 0.0 / min Ny= -349.6 kN/m

Опт. 116: [сеизмичке комбинације] 88-114



Ниво: naglavna greda [-6.70 m]
Утицаји у плочи: max Ny= 0.0 / min Ny= -283.4 kN/m

Опт. 116: [сеизмичке комбинације] 88-114



Ниво: naglavna greda [-6.70 m]
Утицаји у плочи: max Ny= 354.8 / min Ny= 0.0 kN/m

12.4.2 Димензионисање наглавнице C2/ Design of pile cap S2

12.4.2.1 Минимална и максимална арматура/ Minimum and maximum reinforcement areas

$A_{s,min} = 0.26\frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b \cdot d = 0.26\frac{0.26}{50}100 \cdot 200 = 27.04cm^2$(СРПС ЕН EN 1992-1-1, 9.2)

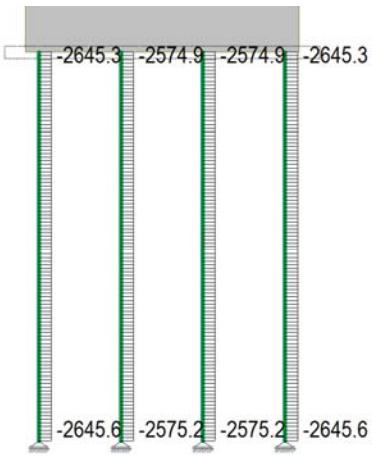
$A_{s,max} = 0.04 \cdot b \cdot d = 0.04 \cdot 100 \cdot 200 = 800.00cm^2$

12.4.2.2 Димензионисање арматуре у попречном правцу C2/ Reinforcement in transverse direction S2

Силе у шиповима за УЛС комбинацију оптерећења – за сталне или пролазне прорачунске ситуације без тежине наглавнице и тежине земље на наглавници

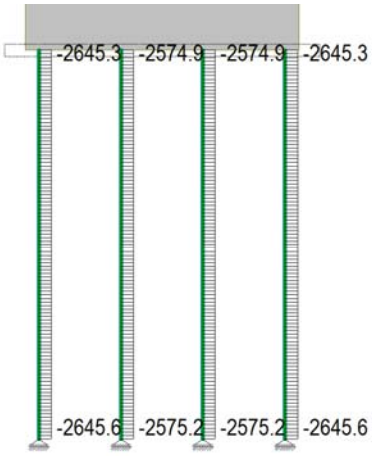
Pile forces for ULS combination – for permanent and transient design situation without pile cap selfweight and weight of soil on the pile cap

Опт. 115: [основне комбинације] 16-87

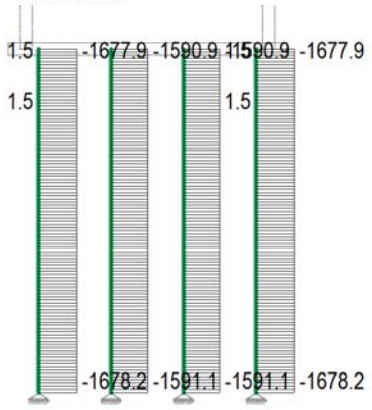


Рам: V_25
Утицаји у греди: max N1= 198.3 / min N1= -9039.3 kN

Опт. 115: [основне комбинације] 16-87

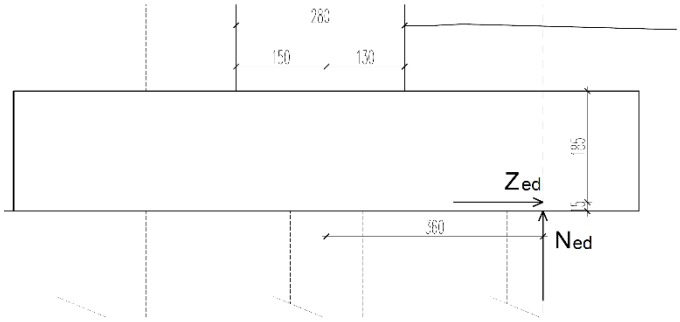


Рам: V_25
Утицаји у греди: max N1= 198.3 / min N1= -9039.3 kN
Опт. 115: [основне комбинације] 16-87



Рам: V_29
Утицаји у греди: max N1= 1.5 / min N1= -1678.2 kN

maxNu=2645.6kN



$Z_{Ed}=N_{Ed}\cdot 3.6 /1.85=2645.6x3.6/1.85=5148.2kN$
$_{pot}A_{s,h}=5148.2/(3.6\cdot 50/1.15)=32.9cm^2/m$
Усвојено $\pm\varnothing 22/10 (A_{s,h}=38.1cm^2/m)$

Димензионисање према трансверзалним силама/ Shear forces design

$V_{Ed}=2645.6/1.2=2204,7$ kN/m

$$\max V_{Rd}=\frac{b\cdot 0.9d\cdot \nu\cdot f_{cd}}{2}\geq \quad V_{Rd,c}=[C_{Rd,c}\cdot k\cdot(100\cdot\rho_l\cdot f_{ck})^{1/3}]\cdot b\cdot d \quad \geq \min V_{Rd,c}=\nu_{\min}\cdot b\cdot d$$

$$k=1+\sqrt{\frac{200}{d}}=1+\sqrt{\frac{200}{1850}}=1.329<2$$

$$\rho_i = \frac{A_{Sl}}{b \cdot d} = \frac{49.1}{100 \cdot 185} = 0.0026 < 0.02$$

$C_{Rd,c}$=0.18 / γ_c=0.18/1.5 =0.12

$$v_{min} = 0.035 \cdot k^{\frac{3}{2}} \cdot f_{ck}^{\frac{1}{2}} = 0.035 \cdot 1.329^{\frac{3}{2}} \cdot 2.5^{\frac{1}{2}} = 0.085$$

$$V_{Rd,c} = \left[0.12 \cdot 1.329 \cdot (100 \cdot 0.0026 \cdot 2.5)^{1/3}\right] \cdot 100 \cdot 185 = 2407 kN/m$$

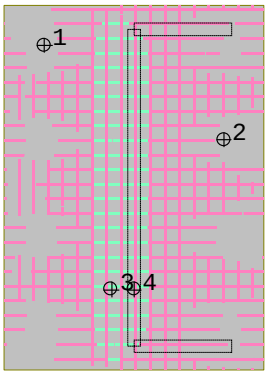
minV_{Rdc}=0.085x100x185=1572kN/m<V_{Ed} – потребна арматура

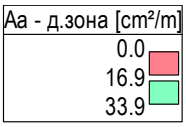
maxV_{Rd}=$\alpha_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot \nu_1 \cdot f_{cd}/(\cot\theta+\tan\theta)$=1·100·0.9·185·0.6·(0.85·2.5/1.5)/2=7076kN/m > V_{Rdc}

V_{Ed}=2204.7 kN<$V_{Rd,c}$=2407.0kN/m

12.4.2.3 Димензионисање арматуре наглавнице стуба C2/ Design of pile cap reinforcement S2

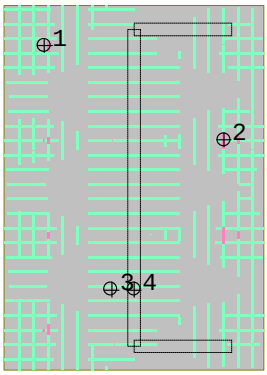
Меродавно оптерећење: 16-114
SRPS EN 1992-1-1, C25/30, B500A, a=15.00 cm

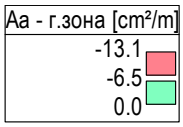




Ниво: naglavna greda [-6.70 m]
Aa - д.зона - max Aa,д= 33.9 cm²/m

Меродавно оптерећење: 16-114
SRPS EN 1992-1-1, C25/30, B500A, a=15.00 cm





Ниво: naglavna greda [-6.70 m]
Aa - г.зона - max Aa,г= -13.1 cm²/m

Ниво: naglavna greda [-6.70 m]
SRPS EN 1992-1-1
α,cc = 0.85
д,пл=200.0 cm
C25/30 (γC = 1.50, γS = 1.15) [СП]
Горња зона: B500A (a=15.0 cm)
Доња зона: B500A (a=15.0 cm)
Димензионисање групе случајева оптерећења: 16-114 (анвелопа)

Тачка 3
X=94.9 m; Y=1.2 m; Z=-6.7 m
Правац 1: (α=0°)
Меродавна комбинација:
1.35xI+1.35xII+1.35xIII+1.35xIV
+1.75xV-1.75xVI+1.12xVII+1.50xVIII
+1.50xIX-0.88xX+1.35xXI
Med = 1879.80 kNm
Ned = 0.00 kN

Тачка 1
X=92.2 m; Y=11.0 m; Z=-6.7 m
Правац 1: (α=0°)
Меродавна комбинација:
1.35xI+1.35xII+1.35xIII+1.35xIV
+1.75xV+1.75xVI-1.12xVII+1.50xVIII
+1.50xIX+0.88xX+1.35xXI
Med = -575.88 kNm
Ned = 0.00 kN
εb/εa = -0.852/25.000 ‰
Аг1 = 7.24 cm²/m
Ад1 = 0.00 cm²/m

Правац 2: (α=90°)
Меродавна комбинација:
1.35xI+1.35xII+1.35xIII+1.35xIV
+1.75xV-1.75xVI-1.12xVII+1.50xVIII
+1.50xIX+0.88xX+1.35xXI
Med = -701.72 kNm
Ned = 0.00 kN
εb/εa = -0.952/25.000 ‰
Аг2 = 8.84 cm²/m
Ад2 = 0.00 cm²/m

Тачка 2
X=99.4 m; Y=7.2 m; Z=-6.7 m
Правац 1: (α=0°)
Меродавна комбинација:
1.35xI+1.35xII+1.35xIII+1.35xIV
+1.75xV-1.12xVII+1.50xVIII+0.88xX
+1.35xXI
Med = -436.04 kNm
Ned = 0.00 kN
εb/εa = -0.731/25.000 ‰
Аг1 = 5.47 cm²/m
Ад1 = 0.00 cm²/m

Правац 2: (α=90°)
Меродавна комбинација:
1.35xI+1.35xII+1.35xIII+1.35xIV
+1.75xV-1.12xVII+1.50xVIII+0.88xX
+1.35xXI
Med = -778.65 kNm
Ned = 0.00 kN
εb/εa = -1.010/25.000 ‰
Аг2 = 9.81 cm²/m
Ад2 = 0.00 cm²/m

εb/εa = -1.727/25.000 ‰
Аг1 = 0.12 cm²/m
Ад1 = 23.94 cm²/m

Правац 2: (α=90°)
Меродавна комбинација:
1.35xI+1.35xII+1.35xIII+1.35xIV
+1.75xV-1.75xVI+1.12xVII+1.50xVIII
+1.50xIX-0.88xX+1.35xXI
Med = 480.97 kNm
Ned = 0.00 kN
εb/εa = -0.771/25.000 ‰
Аг2 = 0.00 cm²/m
Ад2 = 6.04 cm²/m

Тачка 4
X=95.8 m; Y=1.2 m; Z=-6.7 m
Правац 1: (α=0°)
Меродавна комбинација:
1.35xI+1.35xII+1.35xIII+1.35xIV
+1.75xV-1.75xVI+1.12xVII+1.50xVIII
+1.50xIX-0.88xX+1.35xXI
Med = 1753.25 kNm
Ned = 0.00 kN
εb/εa = -1.650/25.000 ‰
Аг1 = 0.11 cm²/m
Ад1 = 22.30 cm²/m

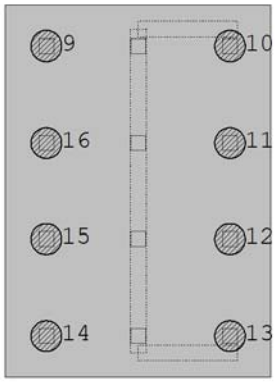
Правац 2: (α=90°)
Меродавна комбинација:
1.35xI+1.35xII+1.35xIII+1.35xIV
+1.75xV-1.75xVI+1.12xVII+1.50xVIII
+1.50xIX-0.88xX+1.35xXI
Med = 516.03 kNm
Ned = 0.00 kN
εb/εa = -0.802/25.000 ‰
Аг2 = 0.00 cm²/m
Ад2 = 6.48 cm²/m

Усвојено/ Adopted :

доња зона bottom	x-правац x-direction	***∅22/10*** ($A_{s,h}$=38.0cm²/m),
	y-правац y-direction	***∅22/20*** ($A_{s,h}$=19.0cm²/m)
горња зона top	x-правац x-direction	***∅22/10*** ($A_{s,h}$=38.0cm²/m)
	y-правац y-direction	***∅22/10*** ($A_{s,h}$=38.0cm²/m)

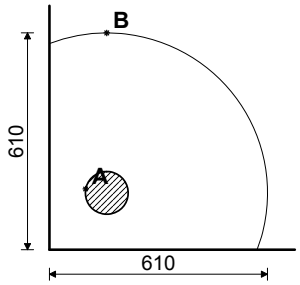
12.4.3 Контрола наглавне греде стуба C2 на пробој/ Punching S2

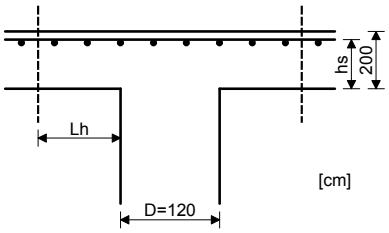
Load 117: [анвелопа] 16-114



Level: naglavna greda [-6.70 m]
Vector sections: Ms

Контрола плоча на пробијање
EC 2 (EN 1992-1-1:2004)
Ниво: naglavna greda [-6.70 m]
Пресек 14 (92.18,-0.42,-6.70)
C25/30





КОНТРОЛА ПРЕСЕКА УЗ ИВИЦУ СТУБА

Меродавна комбинација:
1.35xI+1.35xII+1.35xIII+1.35xIV+1.75xV(1)-1.75xVI-1.12xVII+1.50xVIII+1.50xIX-0.88xX+1.35xXI
Рачунска сила у стубу N = 4302.9 kN
Меродавни смичући напон (тачка A) ved = 0.585 MPa
Дебљина плоче d,pl = 2.000 m
Статичка висина плоче hs = 1.950 m

Чврстоћа бетона fck = 25.000 MPa
Рачунска чврстоћа бетона fcd = 16.667 MPa
Коефицијент v = 0.540
Коефицијент γc = 1.500
Максимална отпорност vRd,max = 0.40×v×fcd = 3.600 MPa

Услов: ved <= vRd,max (0.59 <= 3.60)
Услов је испуњен.

КОНТРОЛА КРИТИЧНОГ ПРЕСЕКА 1. (Lh = 3.90m од ивице стуба)

Меродавна комбинација:

1.35xI+1.35xII+1.35xIII+1.35xIV+1.75xV(1)-1.75xVI-1.12xVII+1.50xVIII+1.50xIX-0.88xX+1.35xXI
Рачунска сила у стубу N = 4302.9 kN
Меродавни смичући напон (тачка Б) ved = 0.213 MPa
Дебљина плоче d,pl = 2.000 m
Статичка висина плоче hs = 1.950 m

Обим критичног пресека u1 = 10.340 m

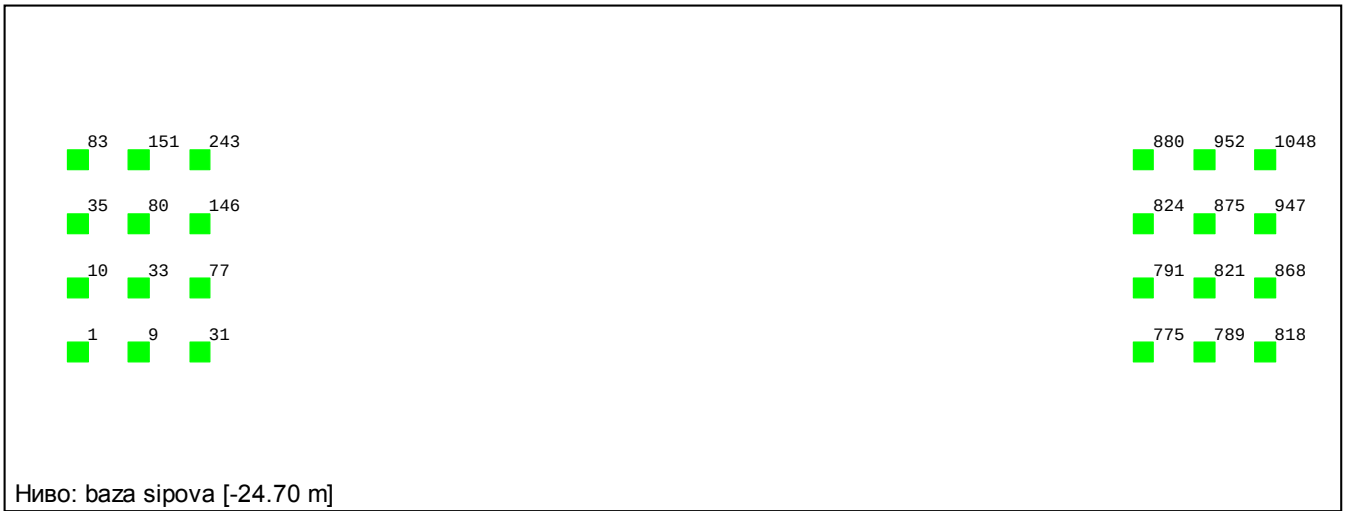
Чврстоћа бетона fck = 25.000 MPa
Рачунска чврстоћа бетона fcd = 16.667 MPa
Коефицијент v = 0.540
Коефицијент γc = 1.500
Максимална отпорност vRd,max = 0.40×v×fcd = 3.600 MPa

Услов: ved <= vRd,max (0.21 <= 3.60)
Услов је испуњен.

Постојећа арматура у плочи
Проценат армирања - правац 1 ρ,1 = 0.300 %
Проценат армирања - правац 2 ρ,2 = 0.300 %
Средња вредност процента армирања ρl = 0.300 %
Коефицијент CRd,c = 0.120
Коефицијент K1 = 0.100
Коефицијент k,vmin= 0.035
Коефицијент vmin= 0.265
Нормални напон у бетону σcp = 0.032 MPa
Отпорност на пробијање плоче без додатне арматуре за обезбеђење
vRd,c = 0.313 MPa

Услов: ved <= vRd,c (0.21 <= 0.31)
Услов је испуњен, није потребна додатна арматура за обезбеђење од пробијања плоче.
Condition is fulfilled, additional punching reinforcement is not necessary.

12.5 Шипови/ Piles



Ниво: baza sipova [-24.70 m]

12.5.1 Силе у нивоу базе шипа/ Base pile forces

Табеларни приказ сила у нивоу базе шипова

Стуб C1/ Abutment S1

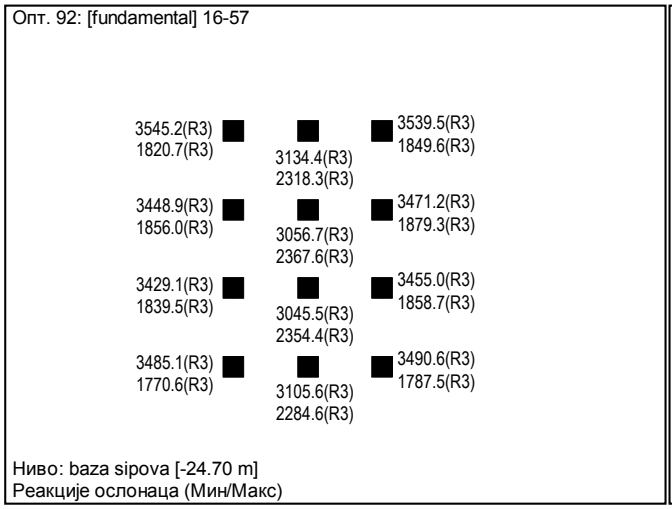
сл. опт	max R3 [kN]											
	1	9	10	31	33	35	77	80	83	146	151	243
Sop. težina stuba (g)	1084.5	1078.2	1081.4	1041.6	1079.2	1081.4	1043.3	1079.2	1084.5	1043.3	1078.2	1041.6
Opt sa konst.	128.1	132.3	126.1	127.3	131.2	126.1	126.7	131.2	128.1	126.7	132.3	127.3
Betonska ploca	225.0	232.3	221.8	223.7	230.7	221.8	222.7	230.7	225.0	222.7	232.3	223.7
Dodtno stalno	330.6	341.4	325.9	328.7	339.0	325.9	327.3	339.0	330.6	327.3	341.4	328.7
LM71 na oba koloseka max	503.0	519.4	496.5	500.1	516.4	496.5	498.6	516.4	503.0	498.6	519.4	500.1
Kocenje, Pokretanje	-344.7	4.5	-340.6	344.2	3.2	-341.9	343.1	1.5	-348.8	341.2	-0.5	338.7
Vetar poprecno	-79.5	-79.3	-26.3	-76.6	-26.3	26.3	-25.2	26.3	79.4	25.3	79.3	76.5
Pritisak tla	-370.2	1.1	-367.6	367.3	1.3	-367.6	368.1	1.3	-370.2	368.1	1.1	367.3
Eaq od saob na nasipu	-112.9	0.4	-112.2	112.0	0.4	-112.2	112.4	0.4	-112.9	112.4	0.4	112.0
Qsk	-45.5	-46.6	-15.0	-45.9	-15.5	15.0	-15.2	15.5	45.5	15.2	46.6	45.9
Zemlja na naglavnici	1009.6	612.1	1011.5	219.7	612.6	1011.5	220.2	612.6	1009.6	220.2	612.1	219.7
seiz Aek+Aed x pravac	-894.6	5.3	-880.2	880.9	6.1	-880.2	882.5	6.1	-894.6	882.5	5.3	880.9
seiz Aek+Aed y pravac	-464.0	-470.4	-153.2	-459.8	-156.2	153.2	-152.1	156.2	464.0	152.1	470.4	459.8
seiz Aek+Aed z pravac	-59.5	-61.4	-59.7	-59.2	-62.2	-59.7	-59.9	-62.2	-59.5	-59.9	-61.4	-59.2
seiz pritisak tla	-93.0	0.3	-92.3	92.2	0.3	-92.3	92.4	0.3	-93.0	92.4	0.3	92.2

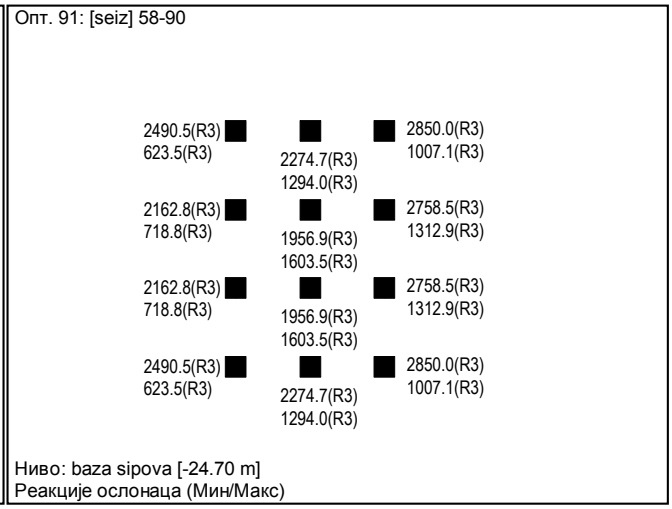
Стуб С2/ Abutment S2

сл. опт	max R3 [kN]											
	775	789	791	818	821	824	868	875	880	947	952	1048
Sop. težina stuba (g)	1041.4	1078.2	1043.2	1084.6	1079.3	1043.2	1081.5	1079.3	1041.4	1081.5	1078.2	1084.6
Opt sa konst.	127.3	132.3	126.6	128.1	131.2	126.6	126.1	131.2	127.3	126.1	132.3	128.1
Betonska ploca	223.6	232.4	222.7	224.9	230.7	222.7	221.8	230.7	223.6	221.8	232.4	224.9
Dodtno stalno	328.7	341.5	327.3	330.6	339.0	327.3	325.9	339.0	328.7	325.9	341.5	330.6
LM71 na oba koloseka max	491.6	510.7	489.9	494.5	507.5	489.9	487.8	507.5	491.6	487.8	510.7	494.5
Kocenje, Pokretanje	-2.4	-2.5	-0.8	-2.4	-0.9	0.8	-0.8	0.8	2.4	0.8	2.5	2.5
Vetar poprecno	-86.4	-90.7	-28.4	-92.4	-30.1	28.4	-30.6	30.1	86.3	30.7	90.7	92.4
Pritisak tla	365.7	1.1	366.5	-368.6	1.3	366.5	-366.0	1.3	365.7	-366.0	1.1	-368.6
Eaq od saob na nasipu	111.6	0.4	112.0	-112.5	0.4	112.0	-111.8	0.4	111.6	-111.8	0.4	-112.5
Qsk	-1.8	-1.9	-0.6	-1.9	-0.6	0.6	-0.6	0.6	1.8	0.6	1.9	1.9
Zemlja na naglavnici	217.3	612.1	217.7	1012.1	612.5	217.7	1014.0	612.5	217.3	1014.0	612.1	1012.1
seiz Aek+Aed x pravac	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
seiz Aek+Aed y pravac	-459.5	-469.8	-152.0	-463.2	-156.1	152.0	-152.9	156.1	459.5	152.9	469.8	463.2
seiz Aek+Aed z pravac	-59.2	-61.4	-59.9	-59.5	-62.2	-59.9	-59.7	-62.2	-59.2	-59.7	-61.4	-59.5
seiz pritisak tla	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

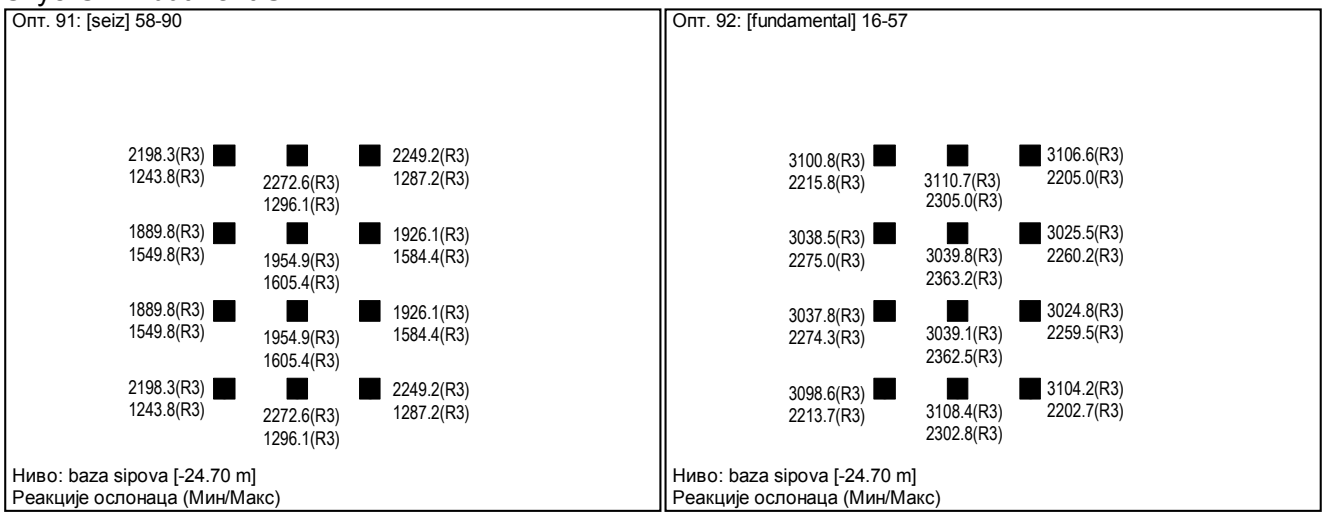
Максималне силе у шиповима за СЛС комбинације оптерећења / Maximum pile forces for SLS

Стуб С1/ Abutment S1





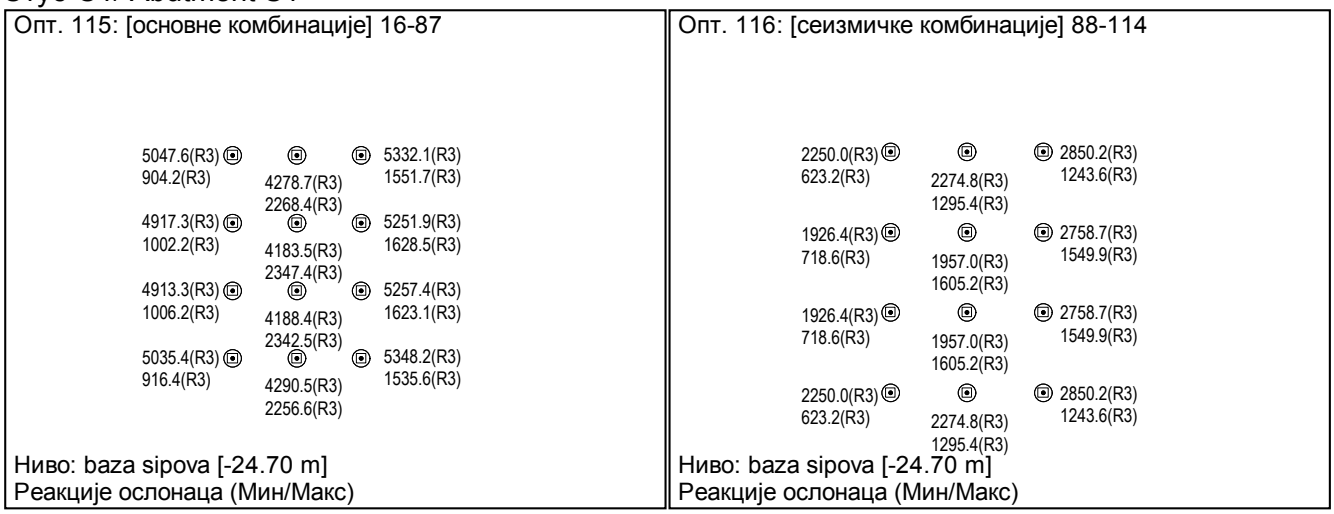
Стуб C2/ Abutment S2



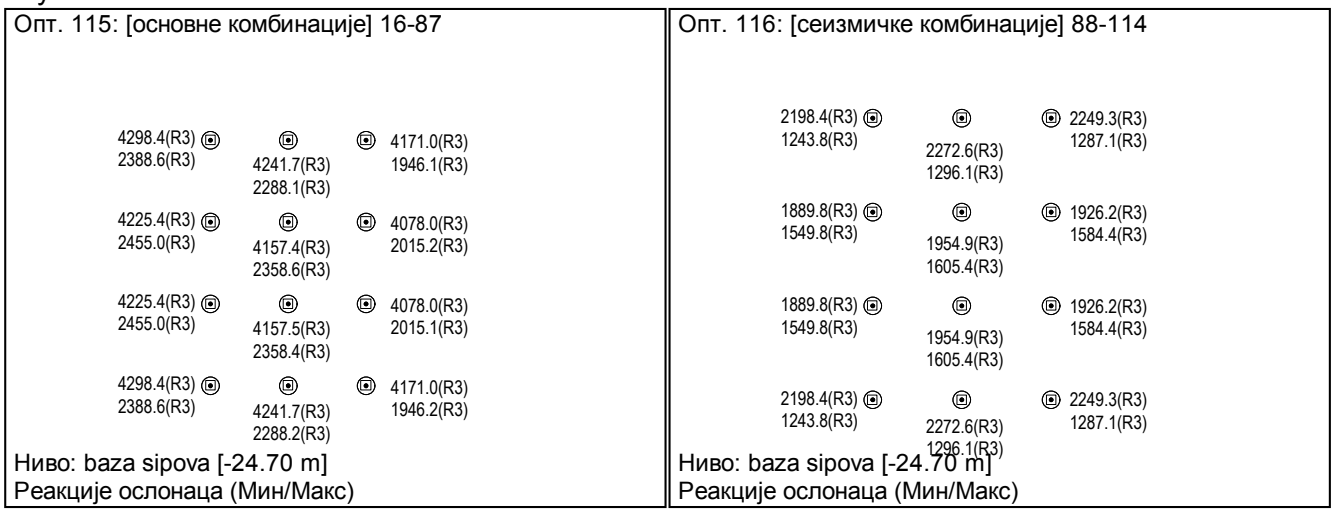
Максимална сила СЛС комбинацију опт. јавља се у шипу 83 и износи: maxN=3545kN
Maximum pile force for SLS occurs in the pile 83 and amounts maxN=3545kN

Максималне силе у шиповима за УЛС комбинације оптерећења/ Maximum pile forces for ULS

Стуб C1/ Abutment S1



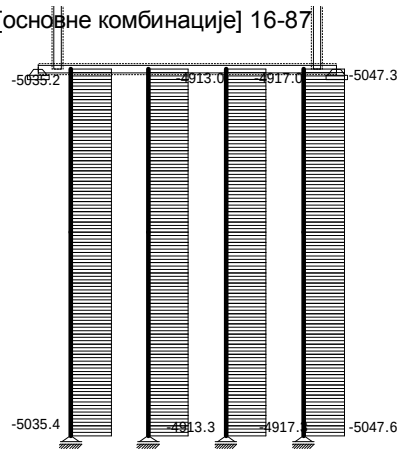
Стуб C2/ Abutment S2



Максимална сила за УЛС комбинацију опт. јавља се у шипу 31 и износи: maxN=5348kN
Maximum pile force for ULS occurs in the pile 31 and amounts maxN=5348kN

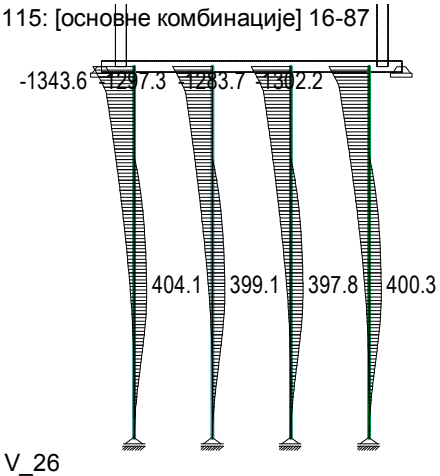
12.5.2 Статички утицаји услед меродавних УЛС комбинација оптерећења у шиповима стуба C1/ Internal forces and moments in piles S1 due to ULS

Опт. 115: [основне комбинације] 16-87



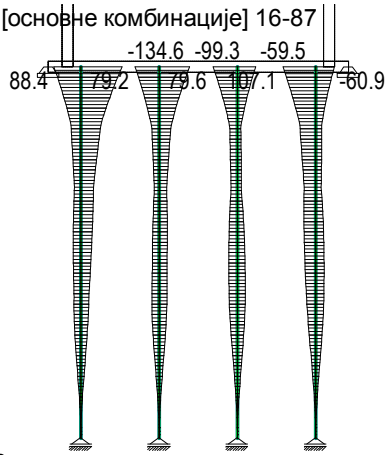
Рам: V_26
Утицаји у греди: max N1= -904.0 / min N1= -5047.6 kN

Опт. 115: [основне комбинације] 16-87



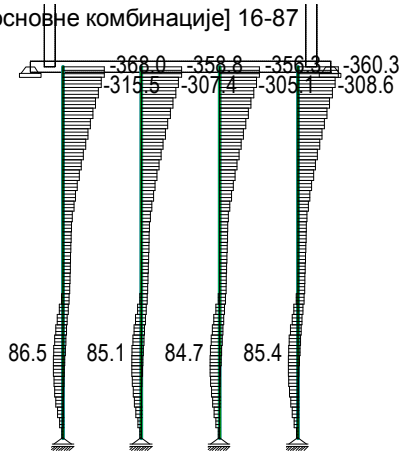
Рам: V_26
Утицаји у греди: max M3= 404.1 / min M3= -1343.6 kNm

Опт. 115: [основне комбинације] 16-87



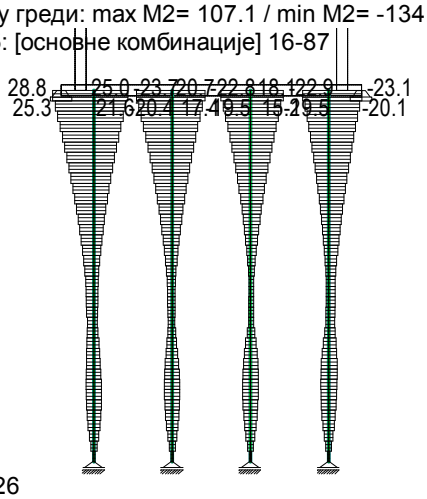
Рам: V_26
Утицаји у греди: max M2= 107.1 / min M2= -134.6 kNm

Опт. 115: [основне комбинације] 16-87



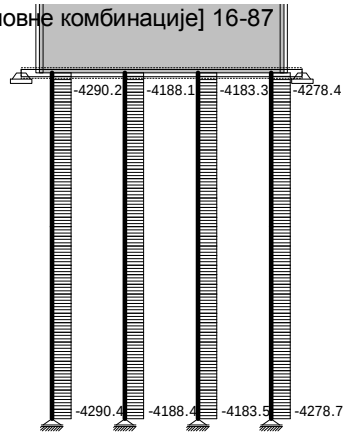
Рам: V_26
Утицаји у греди: max T2= 86.5 / min T2= -368.0 kN

Опт. 115: [основне комбинације] 16-87



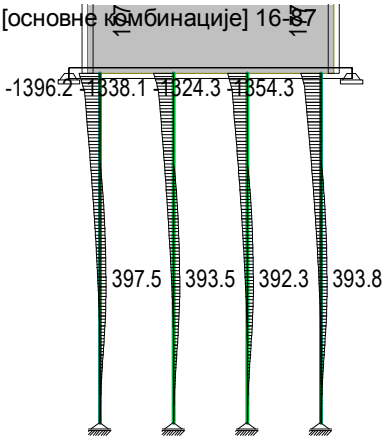
Рам: V_26
Утицаји у греди: max T3= 28.8 / min T3= -23.7 kN

Опт. 115: [основне комбинације] 16-87



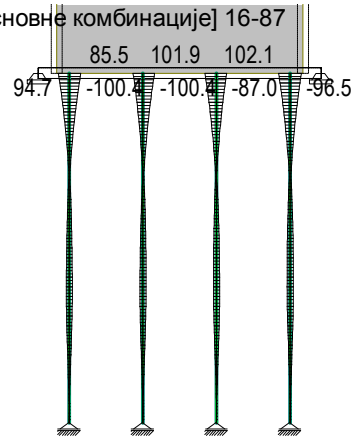
Рам: V_1
Утицаји у греди: max N1= 291.2 / min N1= -8674.8 kN

Опт. 115: [основне комбинације] 16-87



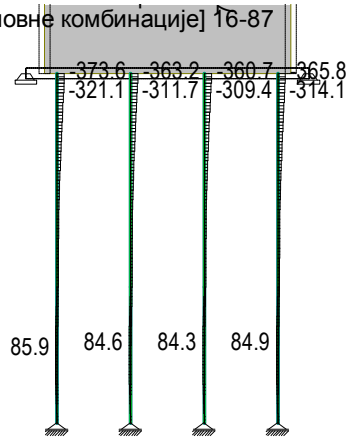
Рам: V_1
Утицаји у греди: max M3= 2579.9 / min M3= -2583.9 kNm

Опт. 115: [основне комбинације] 16-87



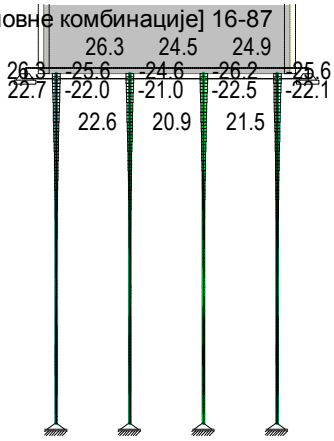
Рам: V_1
Утицаји у греди: max M2= 337.0 / min M2= -325.8 kNm

Опт. 115: [основне комбинације] 16-87



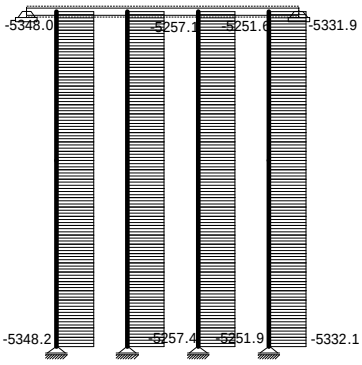
Рам: V_1
Утицаји у греди: max T2= 1987.6 / min T2= -1984.5 kN

Опт. 115: [основне комбинације] 16-87

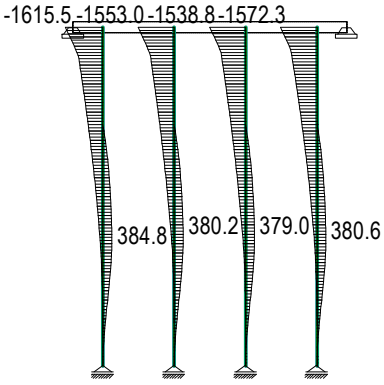


Рам: V_1
Утицаји у греди: max T3= 259.2 / min T3= -250.6 kN

Опт. 115: [основне комбинације] 16-87

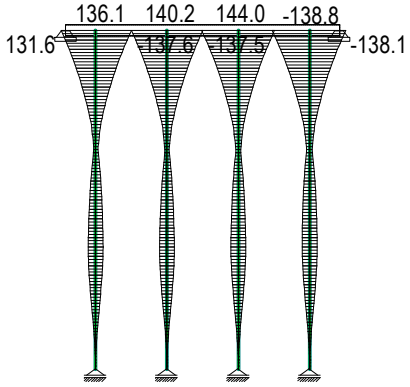


Рам: V_27
Утицаји у греди: max N1= -1535.4 / min N1= -5348.2 kN



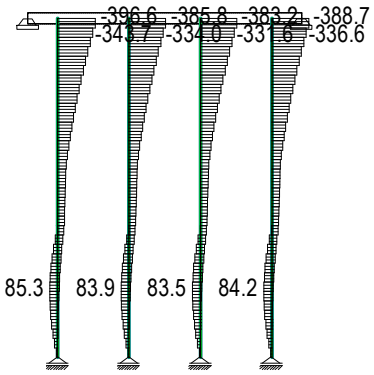
Рам: V_27
Утицаји у греди: max M3= 384.8 / min M3= -1615.5 kNm

Опт. 115: [основне комбинације] 16-87



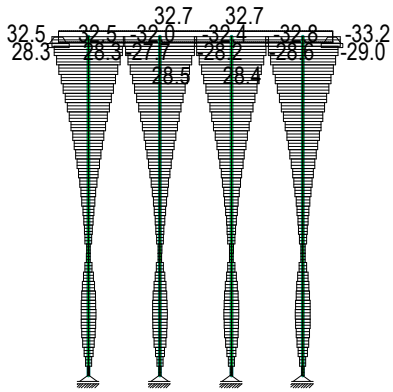
Рам: V_27
Утицаји у греди: max M2= 144.0 / min M2= -138.8 kNm

Опт. 115: [основне комбинације] 16-87



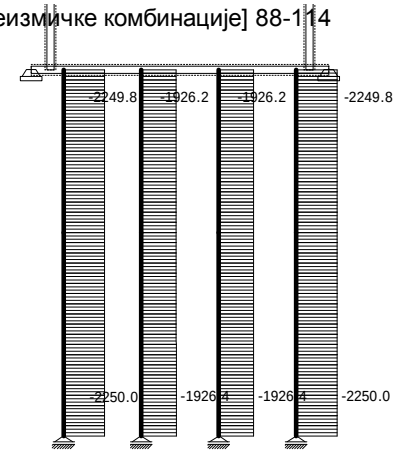
Рам: V_27
Утицаји у греди: max T2= 85.3 / min T2= -396.6 kN

Опт. 115: [основне комбинације] 16-87



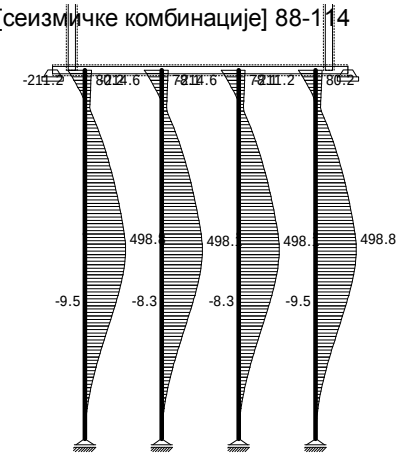
Рам: V_27
Утицаји у греди: max T3= 32.7 / min T3= -33.2 kN

Опт. 116: [сеизмичке комбинације] 88-114



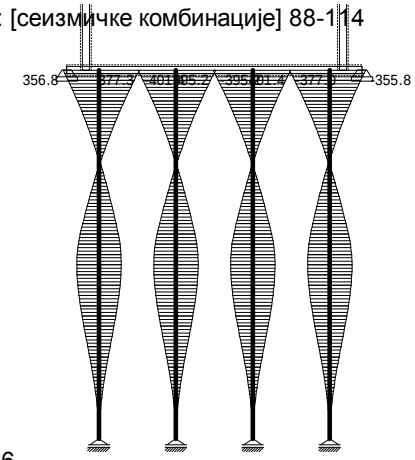
Рам: V_26
Утицаји у греди: max N1= -623.0 / min N1= -2250.0 kN

Опт. 116: [сеизмичке комбинације] 88-114



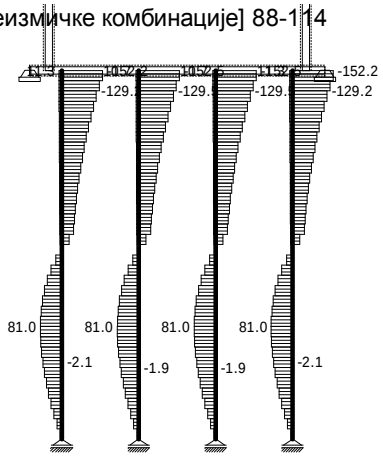
Рам: V_26
Утицаји у греди: max M3= 498.8 / min M3= -214.6 kNm

Опт. 116: [сеизмичке комбинације] 88-114



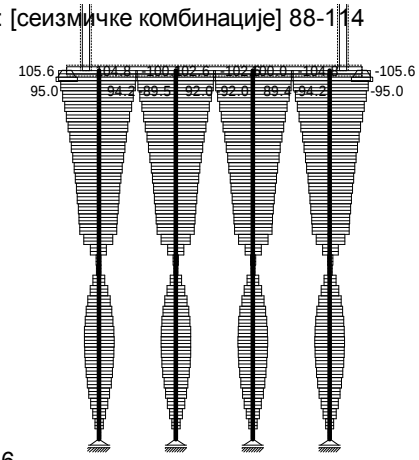
Рам: V_26
Утицаји у греди: max M2= 401.4 / min M2= -401.4 kNm

Опт. 116: [сеизмичке комбинације] 88-114



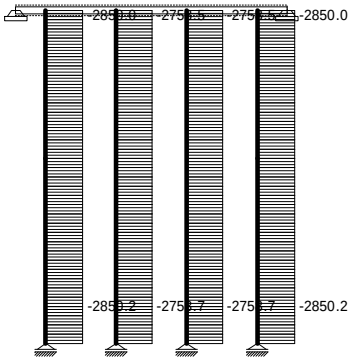
Рам: V_26
Утицаји у греди: max T2= 81.0 / min T2= -152.5 kN

Опт. 116: [сеизмичке комбинације] 88-114



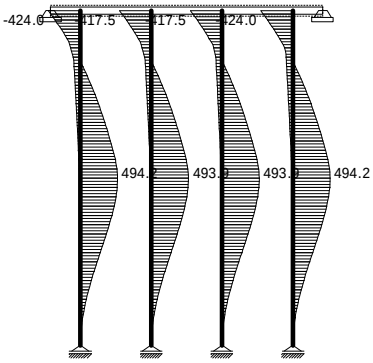
Рам: V_26
Утицаји у греди: max T3= 105.6 / min T3= -105.6 kN

Опт. 116: [сеизмичке комбинације] 88-114

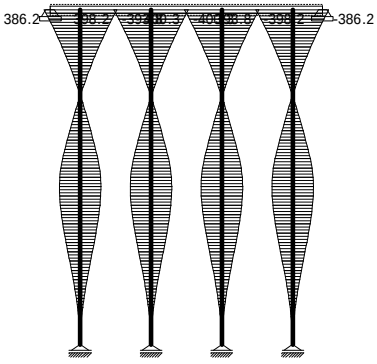


Рам: V_27
Утицаји у греди: max N1= -1243.4 / min N1= -2850.2 kN
Опт. 116: [сеизмичке комбинације] 88-114

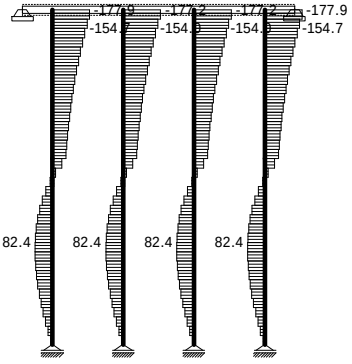
Опт. 116: [сеизмичке комбинације] 88-114



Рам: V_27
Утицаји у греди: max M3= 494.2 / min M3= -424.0 kNm
Опт. 116: [сеизмичке комбинације] 88-114

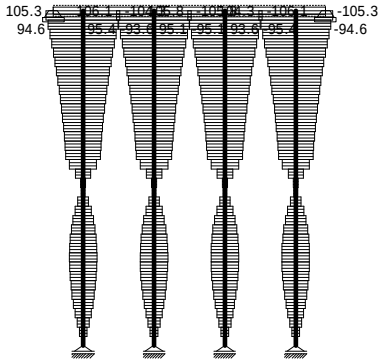


Рам: V_27
Утицаји у греди: max M2= 400.3 / min M2= -400.3 kNm



Рам: V_27
Утицаји у греди: max T2= 82.4 / min T2= -177.9 kN

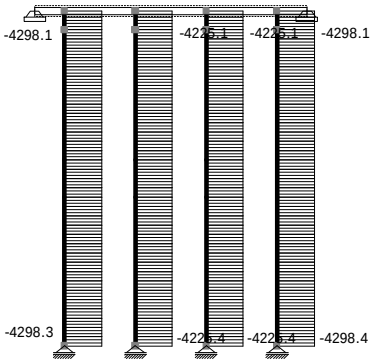
Опт. 116: [сеизмичке комбинације] 88-114



Рам: V_27
Утицаји у греди: max T3= 106.1 / min T3= -106.1 kN

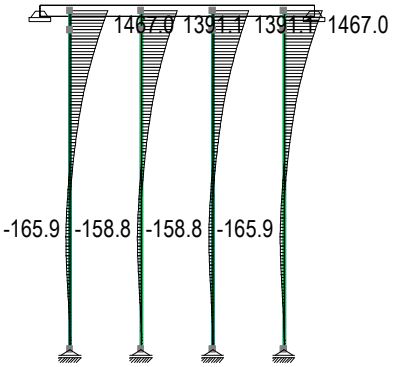
12.5.3 Статички утицаји услед меродавних УЛС комбинација оптерећења у шиповима стуба C2/ Internal forces and moments in piles S2 due to ULS

Опт. 115: [основне комбинације] 16-87

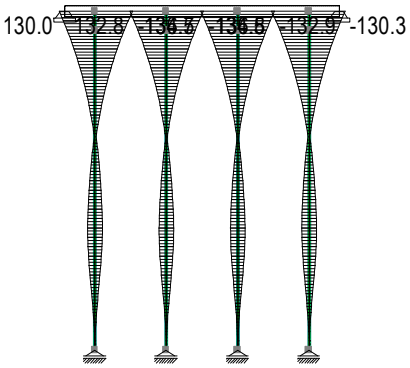


Рам: V_28
Утицаји у греди: max N1= -2388.4 / min N1= -4298.4 kN
Опт. 115: [основне комбинације] 16-87

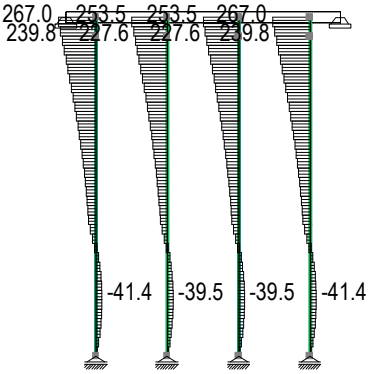
Опт. 115: [основне комбинације] 16-87



Рам: V_28
Утицаји у греди: max M3= 1467.0 / min M3= -165.9 kNm
Опт. 115: [основне комбинације] 16-87

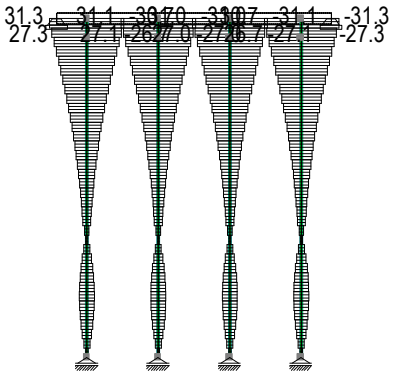


Рам: V_28
Утицаји у греди: max M2= 136.8 / min M2= -136.7 kNm



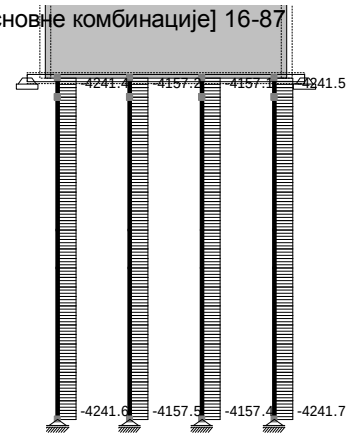
Рам: V_28
Утицаји у греди: max T2= 267.0 / min T2= -41.4 kN

Опт. 115: [основне комбинације] 16-87



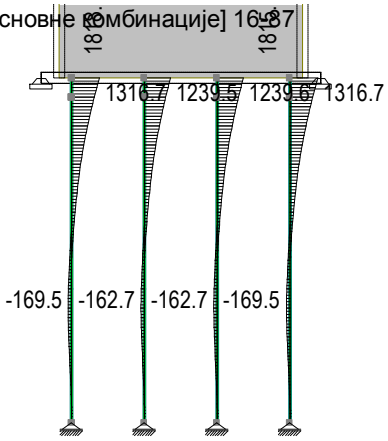
Рам: V_28
Утицаји у греди: max T3= 31.3 / min T3= -31.3 kN

Опт. 115: [основне комбинације] 16-87



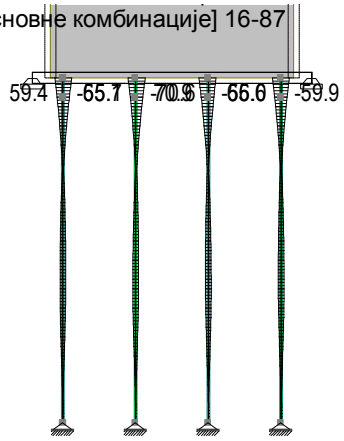
Рам: V_25
Утицаји у греди: max N1= 276.6 / min N1= -8709.0 kN

Опт. 115: [основне комбинације] 16-87



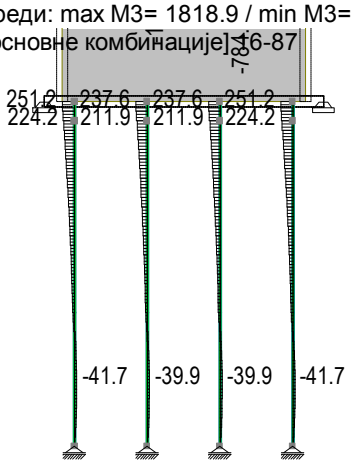
Рам: V_25
Утицаји у греди: max M3= 1818.9 / min M3= -279.0 kNm

Опт. 115: [основне комбинације] 16-87



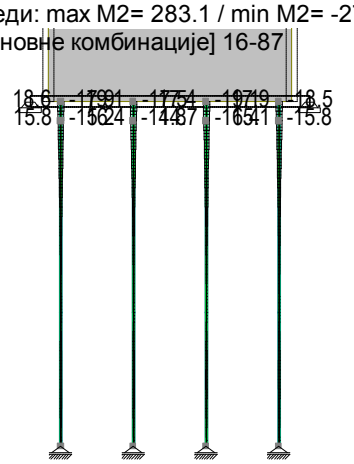
Рам: V_25
Утицаји у греди: max M2= 283.1 / min M2= -272.2 kNm

Опт. 115: [основне комбинације] 16-87



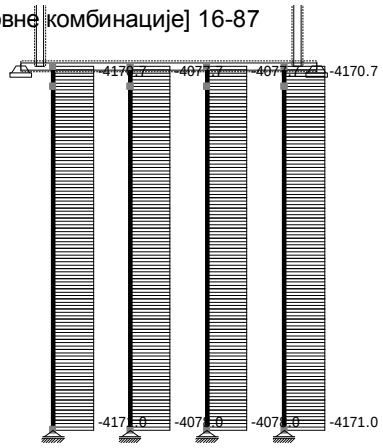
Рам: V_25
Утицаји у греди: max T2= 785.9 / min T2= -784.8 kN

Опт. 115: [основне комбинације] 16-87



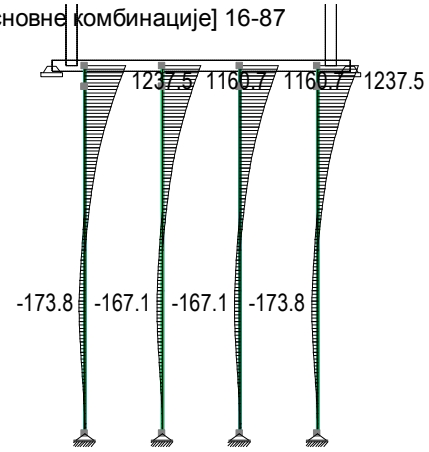
Рам: V_25
Утицаји у греди: max T3= 217.8 / min T3= -209.4 kN

Опт. 115: [основне комбинације] 16-87



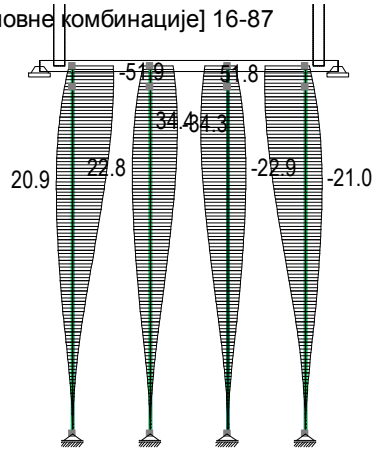
Рам: V_29
Утицаји у греди: max N1= -1945.9 / min N1= -4171.0 kN

Опт. 115: [основне комбинације] 16-87



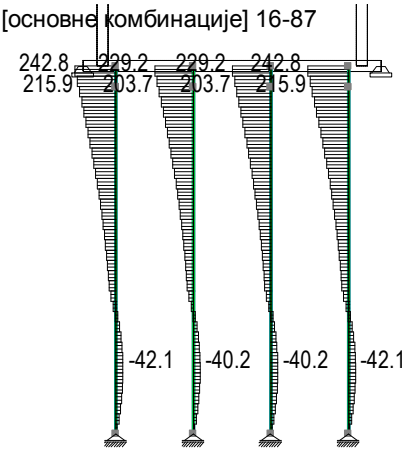
Рам: V_29
Утицаји у греди: max M3= 1237.5 / min M3= -173.8 kNm

Опт. 115: [основне комбинације] 16-87



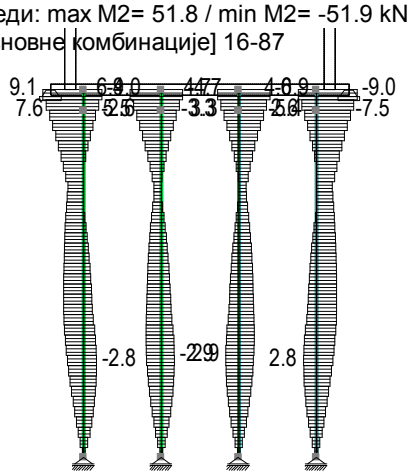
Рам: V_29
Утицаји у греди: max M2= 51.8 / min M2= -51.9 kNm

Опт. 115: [основне комбинације] 16-87



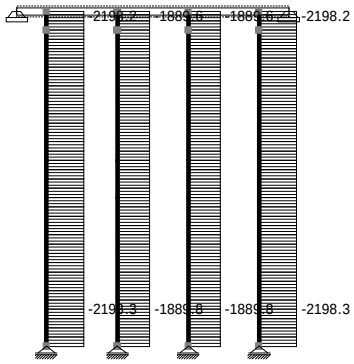
Рам: V_29
Утицаји у греди: max T2= 242.8 / min T2= -42.1 kN

Опт. 115: [основне комбинације] 16-87



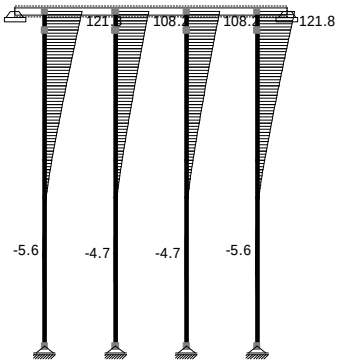
Рам: V_29
Утицаји у греди: max T3= 9.1 / min T3= -9.0 kN

Опт. 116: [сеизмичке комбинације] 88-114



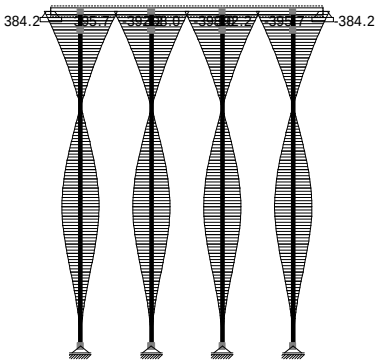
Рам: V_28
Утицаји у греди: max N1= -1243.6 / min N1= -2198.4 kN

Опт. 116: [сеизмичке комбинације] 88-114



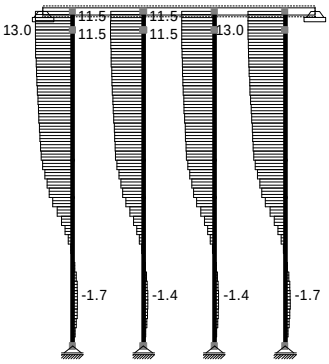
Рам: V_28
Утицаји у греди: max M3= 121.8 / min M3= -5.6 kNm

Опт. 116: [сеизмичке комбинације] 88-114



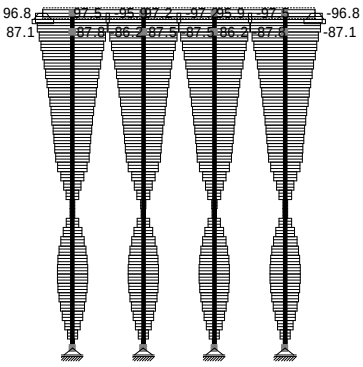
Рам: V_28
Утицаји у греди: max M2= 398.0 / min M2= -398.0 kNm

Опт. 116: [сеизмичке комбинације] 88-114



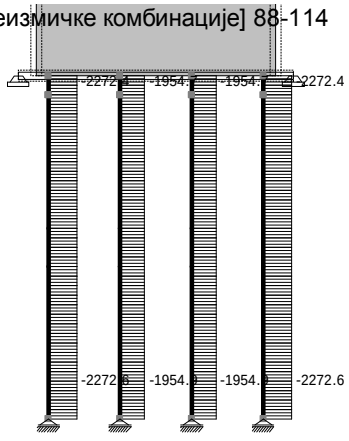
Рам: V_28
Утицаји у греди: max T2= 13.1 / min T2= -1.7 kN

Опт. 116: [сеизмичке комбинације] 88-114



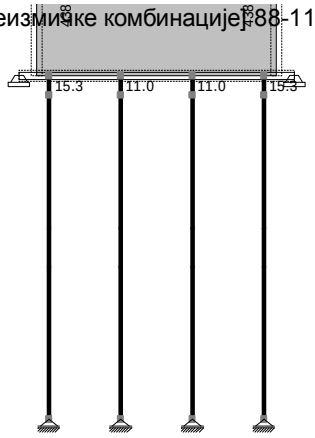
Рам: V_28
Утицаји у греди: max T3= 97.5 / min T3= -97.5 kN

Опт. 116: [сеизмичке комбинације] 88-114



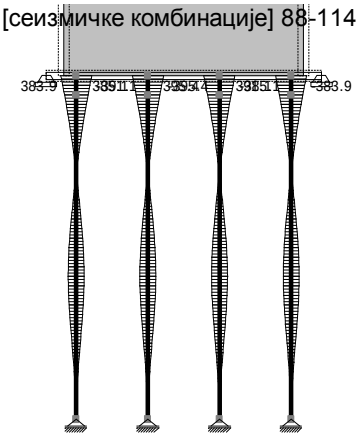
Рам: V_25
Утицаји у греди: max N1= 1063.8 / min N1= -3030.6 kN

Опт. 116: [сеизмичке комбинације] 88-114



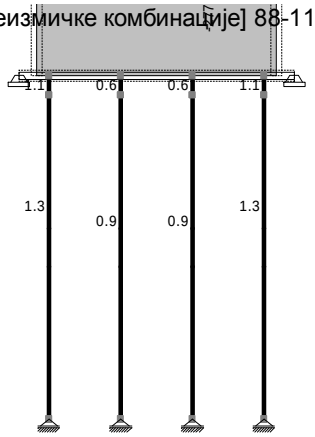
Рам: V_25
Утицаји у греди: max M3= 438.1 / min M3= -193.3 kNm

Опт. 116: [сеизмичке комбинације] 88-114



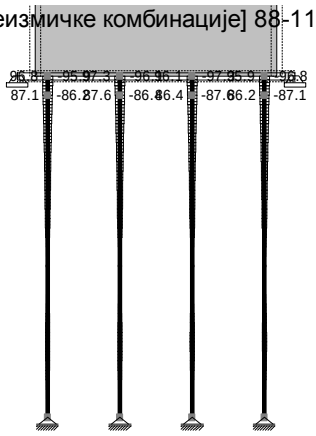
Рам: V_25
Утицаји у греди: max M2= 943.8 / min M2= -944.0 kNm

Опт. 116: [сеизмичке комбинације] 88-114



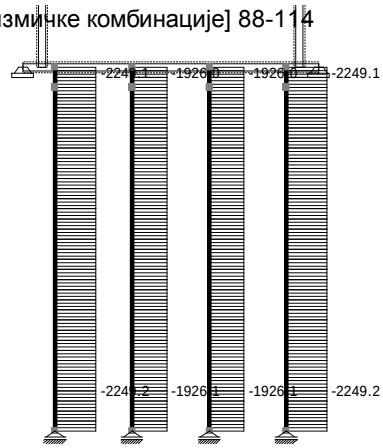
Рам: V_25
Утицаји у греди: max T2= 277.7 / min T2= -277.7 kN

Опт. 116: [сеизмичке комбинације] 88-114



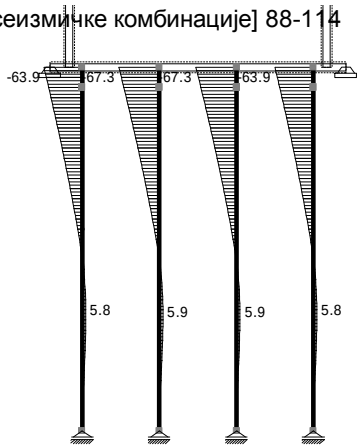
Рам: V_25
Утицаји у греди: max T3= 726.0 / min T3= -726.2 kN

Опт. 116: [сеизмичке комбинације] 88-114



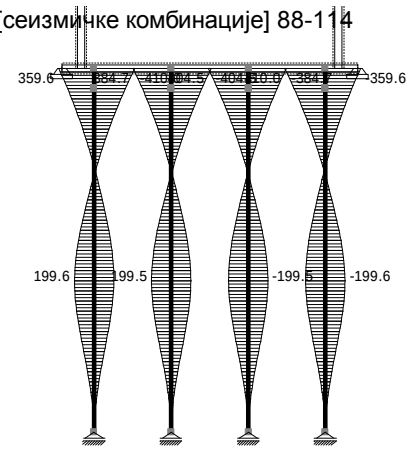
Рам: V_29
Утицаји у греди: max N1= -1286.9 / min N1= -2249.3 kN

Опт. 116: [сеизмичке комбинације] 88-114



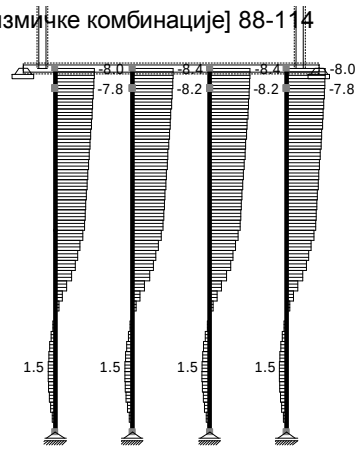
Рам: V_29
Утицаји у греди: max M3= 6.0 / min M3= -67.3 kNm

Опт. 116: [сеизмичке комбинације] 88-114



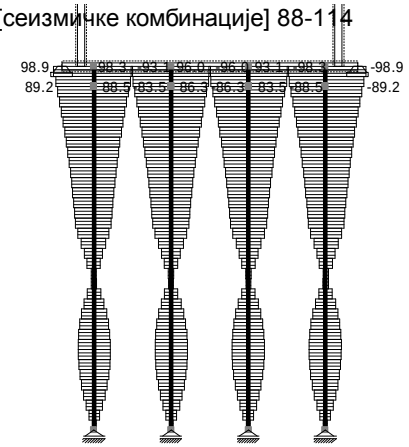
Рам: V_29
Утицаји у греди: max M2= 410.0 / min M2= -410.0 kNm

Опт. 116: [сеизмичке комбинације] 88-114



Рам: V_29
Утицаји у греди: max T2= 1.6 / min T2= -8.4 kN

Опт. 116: [сеизмичке комбинације] 88-114



Рам: V_29
Утицаји у греди: max T3= 98.9 / min T3= -98.9 kN

12.5.4 Димензионисање шипова стуба C1/ Design of piles S1

Минимална и максимална површина арматуре у шиповима одређена је у складу са одредбом СРПС ЕН 1992-1-1 и ЕН 1536 Поглавље 7.6.3:
Maximum and minimum pile reinforcement is determined according to SRPS EN 1992-1-1 and EN 1536 Ch. 7.6.3:

Шипови/ Piles Ø1200 L=17m

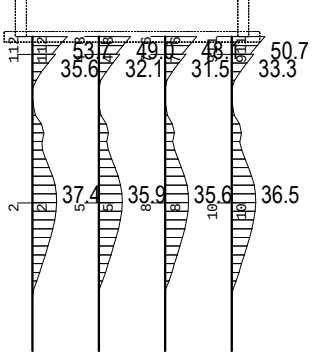
Подужна арматура:/ Vertical reinforcement

Табела 9.6N – Препоручене минималне површине подужне арматуре у бушеним шиповима бетонираним на градилишту

Попречни пресек шипа: A_c	Минимална површина подужне арматуре: $A_{s,bpmin}$
$A_c \le 0{,}5\ m^2$	$A_s \ge 0{,}005 \cdot A_c$
$0{,}5\ m^2 < A_c \le 1{,}0\ m^2$	$A_s \ge 25\ cm^2$
$A_c > 1{,}0\ m^2$	$A_s \ge 0{,}0025 \cdot A_c$

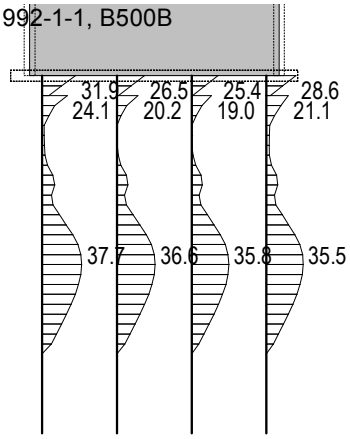
As, min=0.0025x1.13=28.26cm2

Меродавно оптерећење: 16-100,105,106,109-114
SRPS EN 1992-1-1, C25/30, B500B



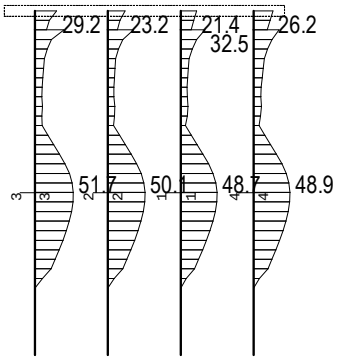
Рам: V_26
Арматура у гредама: max Aa2/Aa1= 53.7 cm²

SRPS EN 1992-1-1, B500B



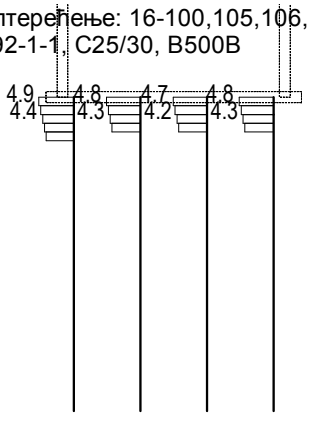
Рам: V_1
Арматура у гредама: max Aa2/Aa1= 37.7 cm²

Меродавно оптерећење: 16-100,105,106,109-114
SRPS EN 1992-1-1, C25/30, B500B



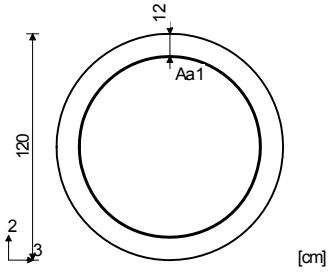
Рам: V_27
Арматура у гредама: max Aa2/Aa1= 51.7 cm²

Меродавно оптерећење: 16-100,105,106,109-114
SRPS EN 1992-1-1, C25/30, B500B



Рам: V_26
Арматура у гредама: max Aa,уз= 4.9 cm²

Греда 421-31
SRPS EN 1992-1-1
α,cc = 0.85
C25/30 (γC = 1.50, γS = 1.15) [СП]
B500B
Димензионисање групе случајева оптерећења: 16-114 (анвелопа)



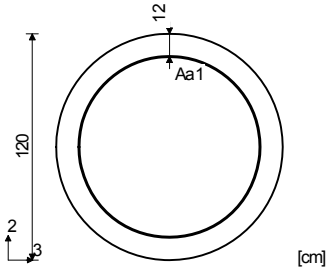
li,2 = 17.00 m (λ2 = 56.67)
li,3 = 17.00 m (λ3 = 56.67)
Непомерљива конструкција

Пресек 3-3 x = 8.50m
Меродавна комбинација за савијање:
1.35xI+1.35xII+1.35xIII+1.35xIV
+1.75xV+1.75xVI-1.12xVII+1.50xVIII
+1.50xIX-0.88xX+1.35xXI
N1ed = -5348.11 kN
M2ed = -67.22 kNm
M3ed = 880.22 kNm
Увећање момента савијања услед извијања
Δe2 = 4.3<e0> + 18.6<eII> = 22.9 cm
|ΔM2| = 1223.77 kNm
Δe3 = 4.3<e0> + 17.7<eII> = 21.9 cm
|ΔM3| = 1173.46 kNm

Меродавна комбинација за смицање:
1.35xI+1.35xII+1.35xIII+1.35xIV
+1.75xV-1.75xVI+1.12xVII+1.50xVIII
+1.50xIX-0.88xX+1.35xXI
V2ed = -84.10 kN
V3ed = 2.46 kN
M1ed = 0.00 kNm

Vrd,max,2 = 3206.63 kN
Vrd,max,3 = 3206.63 kN
εb/εa = -3.500/3.311 ‰
Aa1 = 51.66 cm²
Aa2 = 0.00 cm²
Aa3 = 0.00 cm²
Aa4 = 0.00 cm²
Aa,уз = 0.00 cm²/m (m=2)

Греда 537-77
SRPS EN 1992-1-1
α,cc = 0.85
C25/30 (γC = 1.50, γS = 1.15) [СП]
B500B
Димензионисање групе случајева оптерећења: 16-114 (анвелопа)



li,2 = 17.00 m (λ2 = 56.67)
li,3 = 17.00 m (λ3 = 56.67)
Непомерљива конструкција

Пресек 2-2 x = 8.50m
Меродавна комбинација за савијање:
1.35xI+1.35xII+1.35xIII+1.35xIV
+1.75xV+1.75xVI-1.12xVII+1.50xVIII
+1.50xIX-0.88xX+1.35xXI
N1ed = -5257.23 kN
M2ed = -67.22 kNm
M3ed = 886.03 kNm
Увећање момента савијања услед извијања
Δe2 = 4.3<e0> + 18.6<eII> = 22.9 cm
|ΔM2| = 1202.98 kNm
Δe3 = 4.3<e0> + 17.6<eII> = 21.8 cm
|ΔM3| = 1146.14 kNm

Меродавна комбинација за смицање:
1.35xI+1.35xII+1.35xIII+1.35xIV
+1.75xV-1.75xVI+1.12xVII+1.50xVIII
+1.50xIX-0.88xX+1.35xXI
V2ed = -82.20 kN
V3ed = 2.02 kN
M1ed = 0.00 kNm

Vrd,max,2 = 3211.73 kN
Vrd,max,3 = 3211.73 kN
εb/εa = -3.500/3.383 ‰
Aa1 = 50.07 cm²
Aa2 = 0.00 cm²
Aa3 = 0.00 cm²
Aa4 = 0.00 cm²
Aa,уз = 0.00 cm²/m (m=2)

Усвојено: 16ø25 (A_a=78.56 cm²)
узенгије ø12/10 (A_a=11.3cm²/m)

12.5.5 Димензионисање шипова стуба C2/ Design of piles S2

Минимална и максимална површина арматуре у шиповима одређена је у складу са одредбом СРПС ЕН 1992-1-1 и ЕН 1536 Поглавље 7.6.3:
Maximum and minimum pile reinforcement is determined according to SRPS EN 1992-1-1 and EN 1536 Ch. 7.6.3:

Шипови/ Piles Ø1200 L=17m

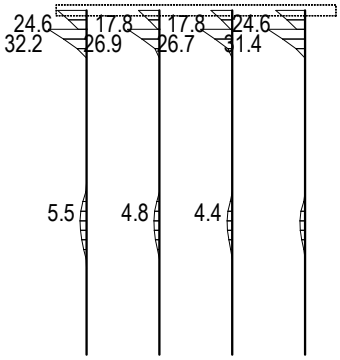
Подужна арматура:/ Vertical reinforcement

Табела 9.6N – Препоручене минималне површине подужне арматуре у бушеним шиповима бетонираним на градилишту

Попречни пресек шипа: A_c	Минимална површина подужне арматуре: $A_{s,bpmin}$
$A_c \le 0{,}5\ m^2$	$A_s \ge 0{,}005 \cdot A_c$
$0{,}5\ m^2 < A_c \le 1{,}0\ m^2$	$A_s \ge 25\ cm^2$
$A_c > 1{,}0\ m^2$	$A_s \ge 0{,}0025 \cdot A_c$

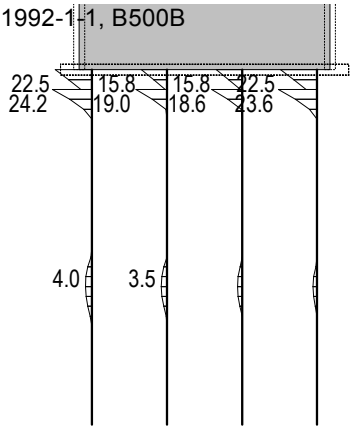
As, min=0.0025x1.13=28.26cm2

Меродавно оптерећење: 16-100,105,106,109-114
SRPS EN 1992-1-1, C25/30, B500B



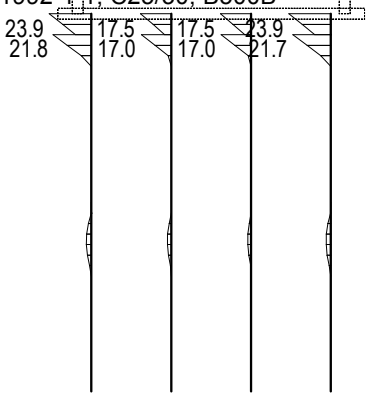
Рам: V_28
Арматура у гредама: max ΣAa= 32.2 cm²

SRPS EN 1992-1-1, B500B



Рам: V_25
Арматура у гредама: max ΣAa= 24.2 cm²

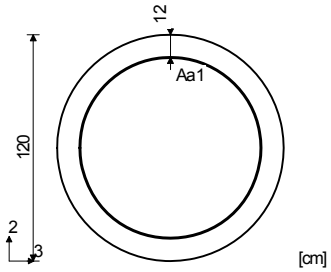
Меродавно оптерећење: 16-100,105,106,109-114
SRPS EN 1992-1-1, C25/30, B500B



Рам: V_29
Арматура у гредама: max ΣAa= 23.9 cm²

Греда 1005-775
SRPS EN 1992-1-1

α,cc = 0.85
C25/30 (γC = 1.50, γS = 1.15) [СП]
B500B
Димензионисање групе случајева
оптерећења: 16-114 (анвелопа)



li,2 = 17.00 m (λ2 = 56.67)
li,3 = 17.00 m (λ3 = 56.67)
Непомерљива конструкција

Пресек 1-1 x = 0.00m
Меродавна комбинација за савијање:
1.35xI+1.35xII+1.35xIII+1.35xIV
+1.75xV+1.75xVI+1.12xVII+1.50xVIII
+1.50xIX+0.88xX+1.35xXI
N1ed = -4087.38 kN
M2ed = -122.60 kNm
M3ed = 1342.95 kNm
Увећање момента савијања услед извијања
Δe2 = 4.3<e0> + 9.1<eII> = 13.3 cm
|ΔM2| = 545.41 kNm
Δe3 = 4.3<e0> + 8.8<eII> = 13.0 cm
|ΔM3| = 532.37 kNm

Меродавна комбинација за смицање:
1.35xI+1.35xII+1.35xIII+1.35xIV
+1.75xV+1.75xVI+1.12xVII+1.50xVIII
+1.50xIX+0.88xX+1.35xXI
V2ed = 266.43 kN
V3ed = 30.20 kN
M1ed = 0.00 kNm

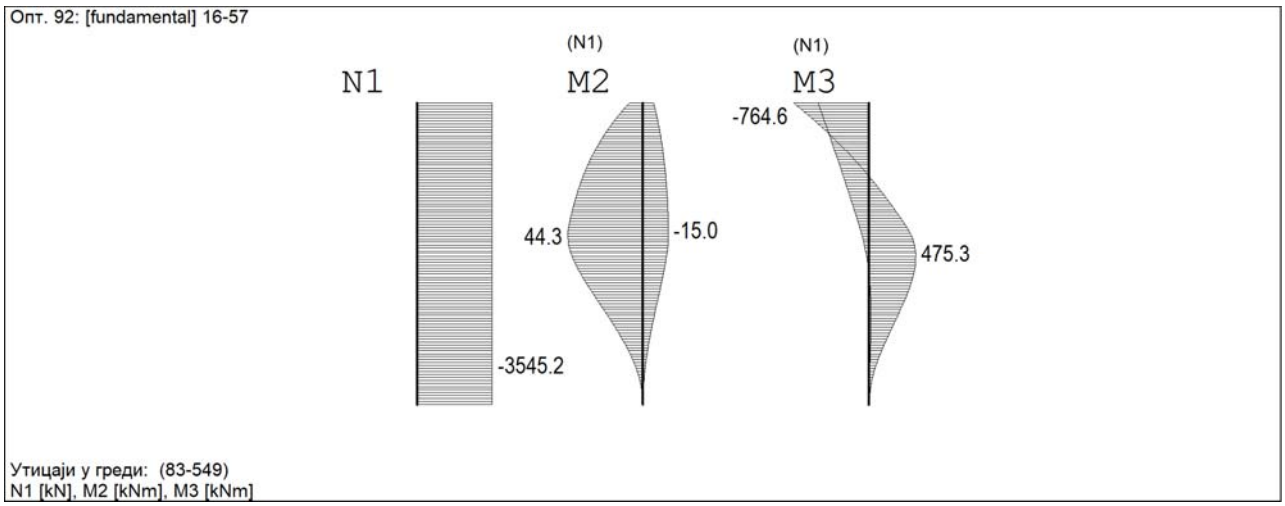
Vrd,max,2 = 3304.95 kN
Vrd,max,3 = 3304.95 kN
εb/εa = -3.500/4.583 ‰
Aa1 = 32.17 cm²
Aa2 = 0.00 cm²
Aa3 = 0.00 cm²
Aa4 = 0.00 cm²
Aa,уз = 0.00 cm²/m (m=2)

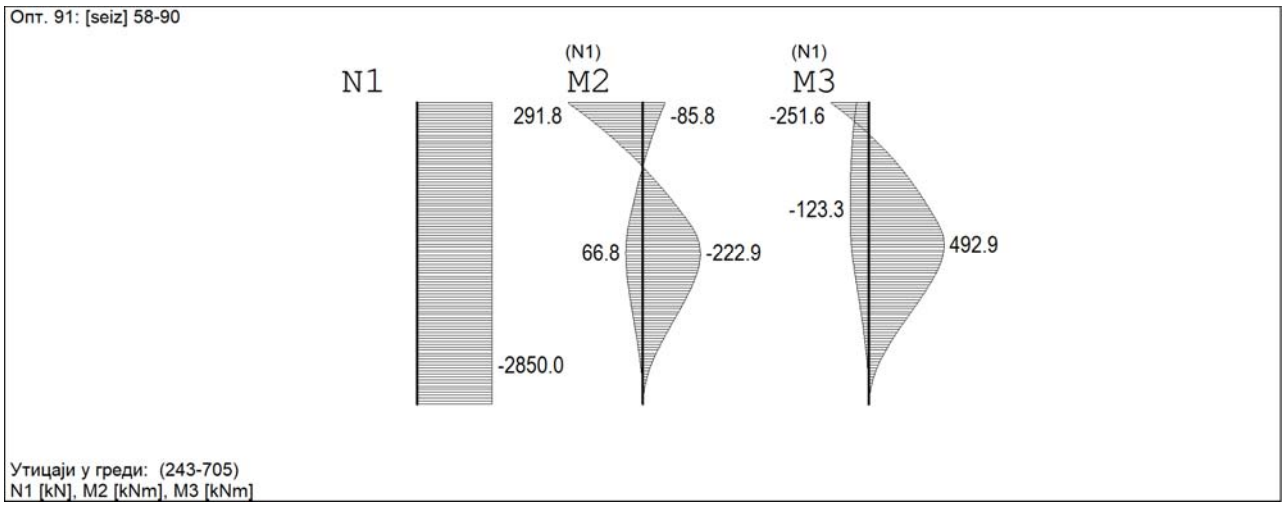
Усвојено:/Adopted: 12ø22 (A_a=45.60 cm^2)
Узенгије/ Stirrups ø12/20 (A_a=5.65cm^2/m)

12.5.6 Контрола напона у шиповима стуба C1/ Stress control in piles S1

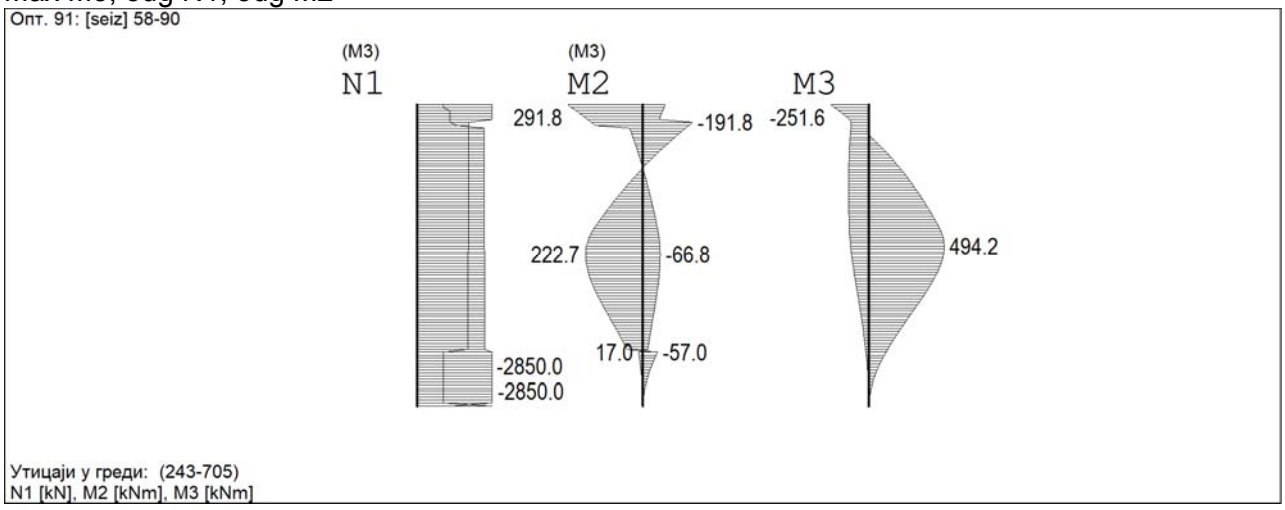
Утицаји у шиповима за СЛС комбинације оптерећења / Internal forces and moments for SLS

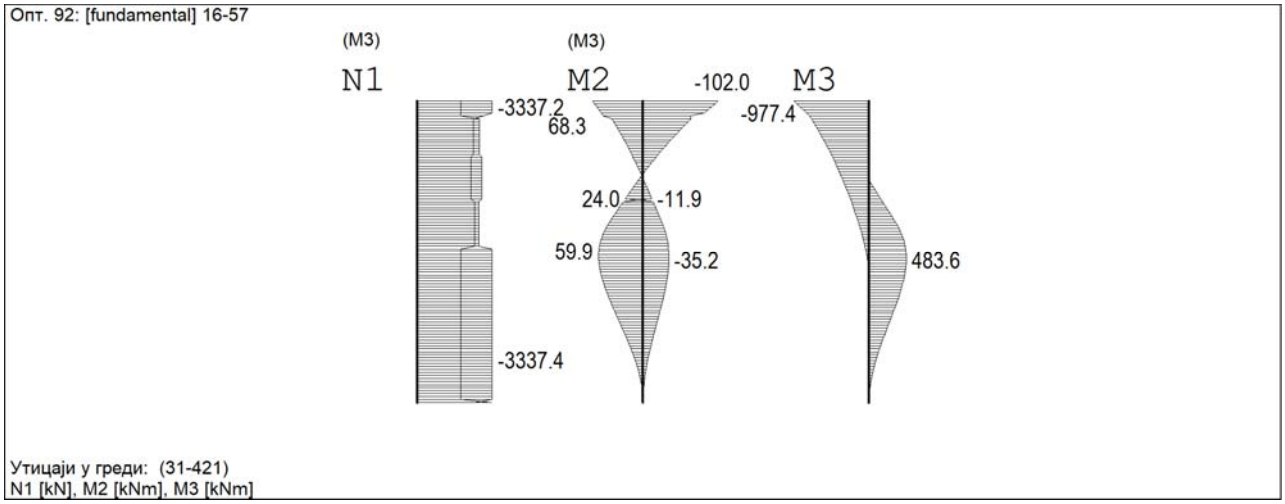
Max N1, odg M2, odg M3





Max M3, odg N1, odg M2





Max N1, odg M2, odg M3

N=3545.2kN
$M=(8.6^2+764.76^2)^{0.5}=764.8$kNm

Crack width calculations at service loads: uniaxial bending about Y-axis

SLS Loads

P = 3545.2 kN (+ for compression)
M = 764.8 kNm (+ for tension on the bottom)

Calculate stresses

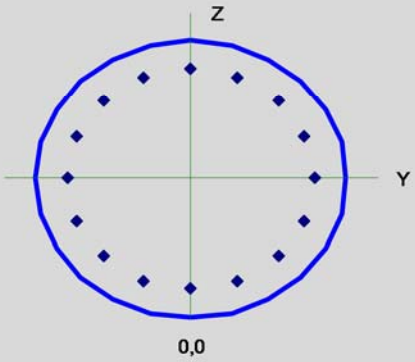
Solved

Materials

f_{yk} =	500	MPa	E_s =	200000 MPa
f_{ck} =	25	MPa		
f_{cm} =	33	MPa	E_{cm} =	31476 MPa
$f_{ct,eff}=f_{ctm}=0.3f_{ck}^{(2/3)}$ =	2.56	MPa		
Creep factor, Ct =	2			
Long term concrete $E_{ctm}= E_{cm}/(1+C_t)$ =	10492	MPa	E_s/E_{ctm}=	19.06

Results of SLS analysis

Neutral axis from compression edge, x =	1003.6	mm
Maximum concrete stress, fc.max =	6.80	MPa
Maximum steel stress, fs.max =	9.3	MPa
at y_{st} =	1075.5	mm
Number of bars in tension =	3	
Centroid of tensile steel from compr. edge, d =	1051.4	mm
Concrete strain $\varepsilon_c= - f_{c.max}/E_{ctm}$ =	-0.0006	
Curvature $\varphi = -\varepsilon_c/x$ =	6.5E-07	mm^{-1}



Crack width calculations

Limiting crack with $W_{k,max}$ =	0.3	mm	
bar diameter, d_b =	25	mm	
Clear cover, c =	50	mm	
Bar spacing S =	90	mm ≤ 5(clr+db/2) = 312.5 mm	OK

Bond coefficient	k_1 =	0.8	(0.8 for deformed bars and 1.6 for plain bars)
Strain distribution coefficient	k_2 =	0.5	(0.5 for bending, 1.0 for pure tension)
	k_3 =	3.4	(country specific, recommended 3.4, 1.0 used in earlier code)
	k_4 =	0.425	(country specific, recommended 0.425 , 0.25 used in earlier code)
Load duration coefficient	k_t =	0.4	(0.6 for short term and 0.4 for long term loading)

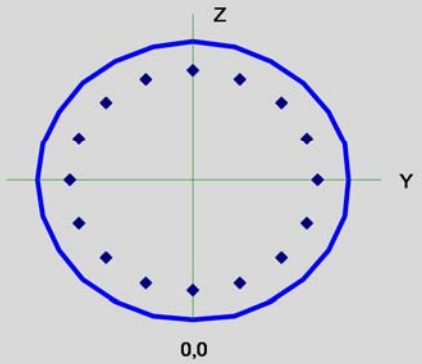
Total section height, H =	1200.0	mm		
h = min(H,y_{st}+db/2+c) =	1138.0	mm	Section height adjusted for concrete cover	
$h_{c,ef}$ = min[2.5(h-d), (h-x)/3] =	44.8	mm		
$A_{c,eff}$ ($h_{c,ef}$) =	13696	mm²		
A_{st} =	1473	mm²		
$r_{p,eff}$ = $A_{st}/A_{c,eff}$ =	0.1076			
Max. crack spacing $S_{r,max}=k_3c+k_1k_2k_4d_b/\rho_{p,eff}$ =	209.5	mm		(7.11)
$S_{r,max}$ = 1.3(h-c) =	1495.0	mm	min of = 209.5 mm	(7.14)
e_{sm}, e_{cm} - steel and conc. strains				
α_e = E_s/E_{cm} =	6.35			
$e_{sm}-e_{cm}$ = $[f_s-k_tf_{cf,eff}(1+\alpha_e\rho_{p,eff})/\rho_{p,eff}]/E_s$ =	2.8E-05			(7.9)
$0.6f_s/E_s$ =	2.8E-05		max of = $e_{sm}-e_{cm}$ =	2.79E-05
Crack width $W_k=S_{r,max}(e_{sm}-e_{cm})$ =	**0.01**	**mm**		(7.8)
Check maximum crack width	**Wk ≤ Wk,max**	**0.01 mm**	**≤ 0.3 mm**	**OK**

Услови у погледу ограничења напона и карактеристичне ширине прслина су задовољени
Stresses and crack widths are within allowable limits.

Max M3, odg N1, odg M2
N=3337.2kN
M=$(102^2+977.4^2)^{0.5}$=982.7kNm

Crack width calculations at service loads: uniaxial bending about Y-axis

SLS Loads				
P =	3337	kN	(+ for compression)	
M =	982.7	kNm	(+ for tension on the bottom)	Calculate stresses
Materials				
f_{yk} =	500	MPa	E_s = 200000	MPa
f_{ck} =	25	MPa		Solved
f_{cm} =	33	MPa	E_{cm} = 31476	MPa
$f_{ct,eff}=f_{ctm}=0.3f_{ck}^{(2/3)}$ =	2.56	MPa		
Creep factor, Ct =	2			
Long term concrete E_{ctm}= $E_{cm}/(1+C_t)$ =	10492	MPa	E_s/E_{ctm}= 19.06	
Results of SLS analysis				
Neutral axis from compression edge, x =	821.0	mm		
Maximum concrete stress, fc.max =	8.33	MPa		
Maximum steel stress, fs.max =	49.2	MPa		
at y_{st} =	1075.5	mm		
Number of bars in tension =	5			
Centroid of tensile steel from compr. edge, d =	1005.3	mm		
Concrete strain ε_c= - $f_{c.max}/E_{ctm}$ =	-0.0008			
Curvature φ = -ε_c/x =	9.7E-07	mm^{-1}		
Crack width calculations				
Limiting crack with $W_{k,max}$ =	0.3	mm		
bar diameter, d_b =	25	mm		
Clear cover, c =	50	mm		
Bar spacing S =	90	mm	≤ 5(clr+db/2) = 312.5	mm OK



Bond coefficient	k_1 =	0.8	(0.8 for deformed bars and 1.6 for plain bars)
Strain distribution coefficient	k_2 =	0.5	(0.5 for bending, 1.0 for pure tension)
	k_3 =	3.4	(country specific, recommended 3.4, 1.0 used in earlier code)
	k_4 =	0.425	(country specific, recommended 0.425 , 0.25 used in earlier code)
Load duration coefficient	k_t =	0.4	(0.6 for short term and 0.4 for long term loading)

Total section height, H =	1200.0	mm	
h = min(H,y_{st}+db/2+c) =	1138.0	mm	Section height adjusted for concrete cover
$h_{c,ef}$ = min[2.5(h-d), (h-x)/3] =	105.7	mm	
$A_{c,eff}$ ($h_{c,ef}$) =	48828	mm²	
A_{st} =	2455	mm²	
$r_{p,eff}$ = $A_{st}/A_{c,eff}$ =	0.0503		

Max. crack spacing $S_{r,max}$=k_3c+$k_1k_2k_4d_b/\rho_{p,eff}$ =	254.5	mm		(7.11)
$S_{r,max}$ = 1.3(h-c) =	1495.0	mm	min of = 254.5 mm	(7.14)

e_{sm}, e_{cm} - steel and conc. strains

α_e = E_s/E_{cm} =	6.35		
e_{sm}-e_{cm} = [f_s-$k_t f_{cf,eff}(1+\alpha_e\rho_{p,eff})/\rho_{p,eff}$]/$E_s$ =	0.00015	(7.9)	
0.6f_s/E_s =	0.00015	max of = e_{sm}-e_{cm} =	0.000148
Crack width W_k=$S_{r,max}$(e_{sm}-e_{cm}) =	**0.04 mm**	(7.8)	

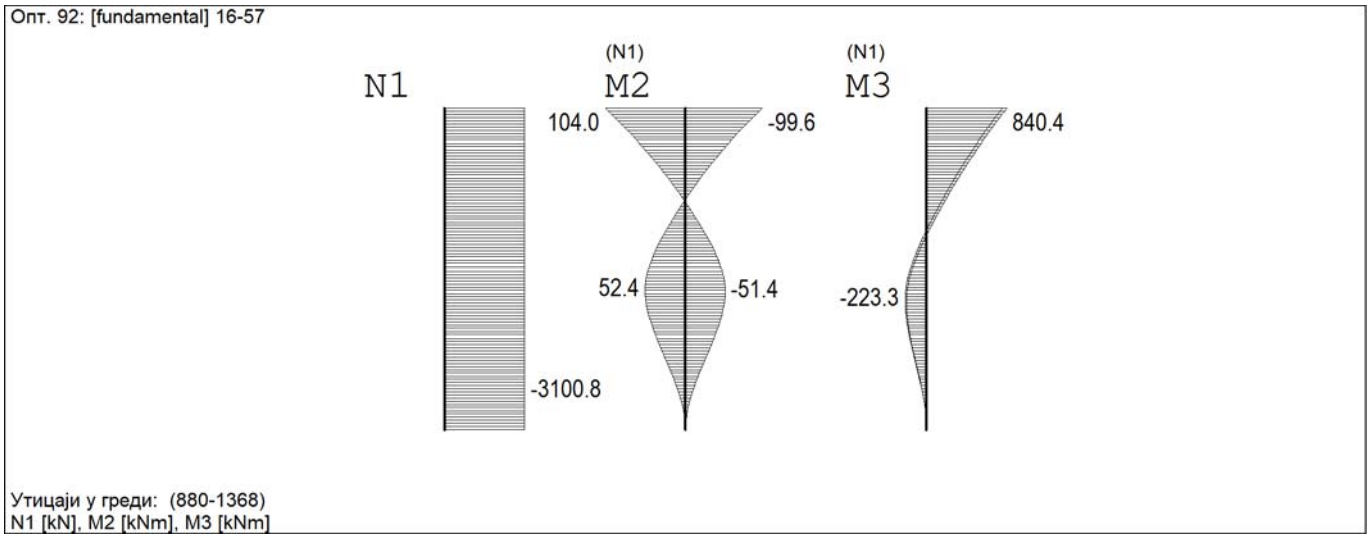
Check maximum crack width	**Wk ≤ Wk,max**	**0.04 mm ≤ 0.3 mm**	**OK**

Услови у погледу ограничења напона и карактеристичне ширине прслина су задовољени
Stresses and crack widths are within allowable limits.

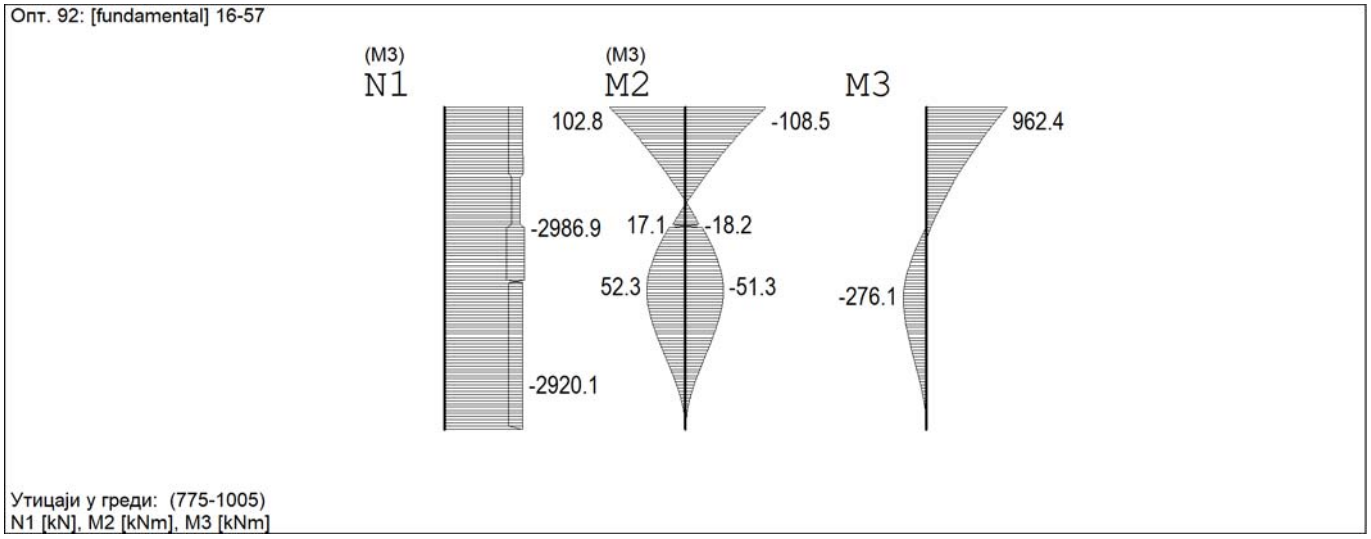
12.5.7 Контрола напона у шиповима стуба C2/ Stress control in piles S2

Утицаји у шиповима за СЛС комбинације оптерећења/ Internal forces and moments for SLS

Max N1, odg M2, odg M3



Max M3, odg N1, odg M2



N=2986.9kN

M=$(108.5^2+962.4^2)^{0.5}$=968.5kNm

Crack width calculations at service loads: uniaxial bending about Y-axis

SLS Loads

P = 2986.9 kN (+ for compression)

M = 968.5 kNm (+ for tension on the bottom)

Calculate stresses

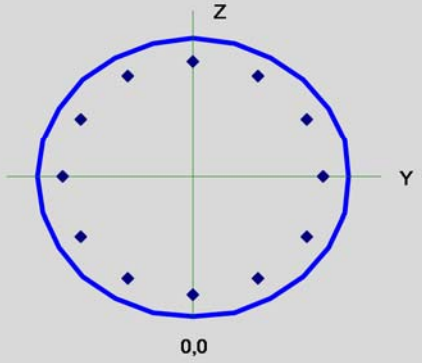
Solved

Materials

f_{yk} =	500	MPa	E_s =	200000 MPa
f_{ck} =	25	MPa		
f_{cm} =	33	MPa	E_{cm} =	31476 MPa
$f_{ct,eff}=f_{ctm}=0.3f_{ck}^{(2/3)}$ =	2.56	MPa		
Creep factor, Ct =	2			
Long term concrete $E_{ctm}= E_{cm}/(1+C_t)$ =	10492	MPa	E_s/E_{ctm}=	19.06

Results of SLS analysis

Neutral axis from compression edge, x =	749.8	mm
Maximum concrete stress, fc.max =	8.82	MPa
Maximum steel stress, fs.max =	79.0	MPa
at y_{st} =	1102	mm
Number of bars in tension =	5	
Centroid of tensile steel from compr. edge, d =	974.7	mm
Concrete strain $\varepsilon_c= - f_{c.max}/E_{ctm}$ =	-0.0008	
Curvature $\varphi = -\varepsilon_c/x$ =	1.1E-06	mm^{-1}



Crack width calculations

Limiting crack with $W_{k,max}$ =	0.3	mm		
bar diameter, d_b =	25	mm		
Clear cover, c =	50	mm		
Bar spacing S =	90	mm ≤ 5(clr+db/2) =	312.5 mm	OK

Bond coefficient	k_1 =	0.8	(0.8 for deformed bars and 1.6 for plain bars)
Strain distribution coefficient	k_2 =	0.5	(0.5 for bending, 1.0 for pure tension)
	k_3 =	3.4	(country specific, recommended 3.4, 1.0 used in earlier code)
	k_4 =	0.425	(country specific, recommended 0.425 , 0.25 used in earlier code)
Load duration coefficient	k_t =	0.4	(0.6 for short term and 0.4 for long term loading)

Total section height, H =	1200.0	mm	
h = min(H,y_{st}+db/2+c) =	1164.5	mm	Section height adjusted for concrete cover
$h_{c,ef}$ = min[2.5(h-d), (h-x)/3] =	138.2	mm	
$A_{c,eff}$ ($h_{c,ef}$) =	72429	mm²	
A_{st} =	1900	mm²	
$r_{p,eff}$ = $A_{st}/A_{c,eff}$ =	0.0262		

Max. crack spacing $S_{r,max}$=k_3c+$k_1k_2k_4d_b/\rho_{p,eff}$ =	332.0	mm			(7.11)
$S_{r,max}$ = 1.3(h-c) =	1495.0	mm	min of =	332.0 mm	(7.14)

e_{sm}, e_{cm} - steel and conc. strains

α_e = E_s/E_{cm} =	6.35			
e_{sm}-e_{cm} = [f_s-$k_t f_{cf,eff}(1+\alpha_e\rho_{p,eff})/\rho_{p,eff}$]/$E_s$ =	0.00024	(7.9)		
0.6f_s/E_s =	0.00024	max of =	e_{sm}-e_{cm} =	0.000237
Crack width W_k=$S_{r,max}$(e_{sm}-e_{cm}) =	**0.08**	**mm**	(7.8)	

Check maximum crack width	**Wk ≤ Wk,max**	**0.08 mm ≤ 0.3 mm**	**OK**

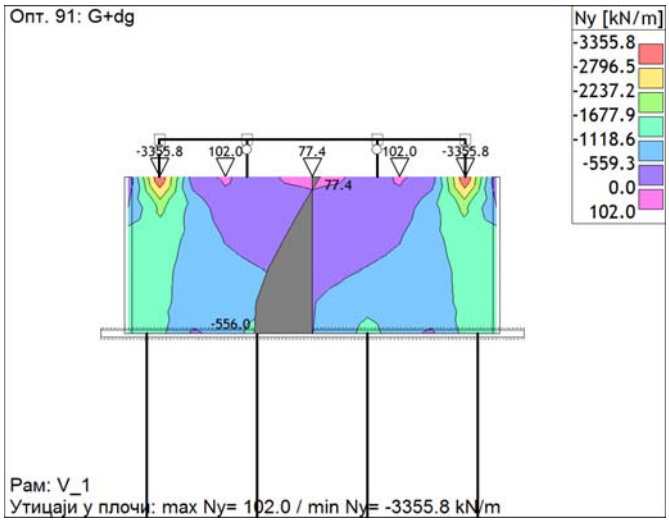
Услови у погледу ограничења напона и карактеристичне ширине прслина су задовољени

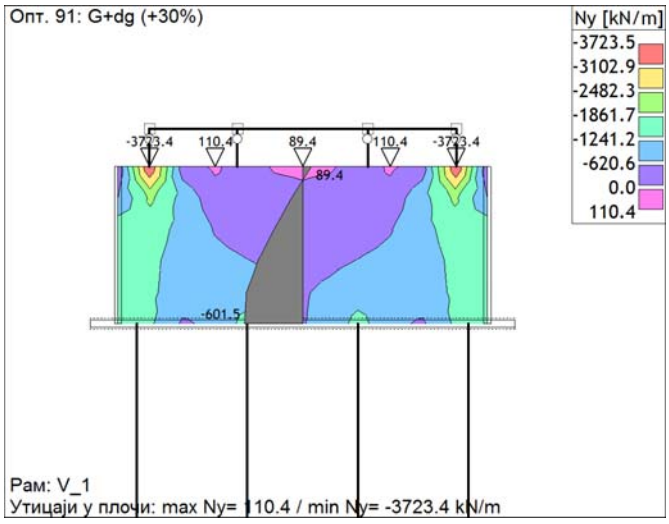
Stresses and crack widths are within allowable limits.

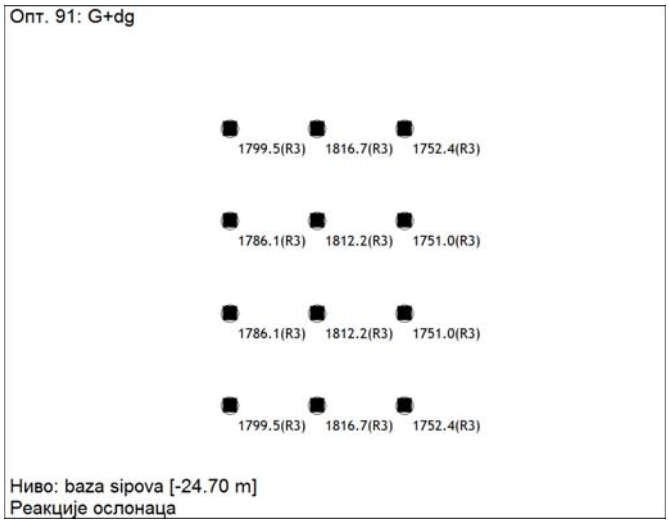
12.6 Допунска анализа за повећање додатног сталног оптерећења/ Additional analysis for increase of dead load

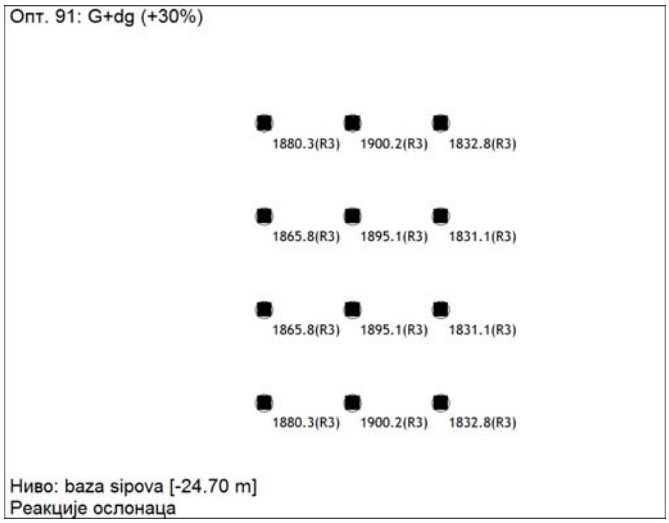
У првобитном прорачуну елемената доњег стоја нису разматране више и ниже вредности коловозног застора дефинисане таком 5.2.3 стандарда СРПС ЕН 1991-1-1. За разлику од конструкције горњег стоја, код елемената доњег строја ова варијација, разматрано у односу на укупно стално оптерећење, даје занемарљиву разлику у утицајима.

Обални стуб С1

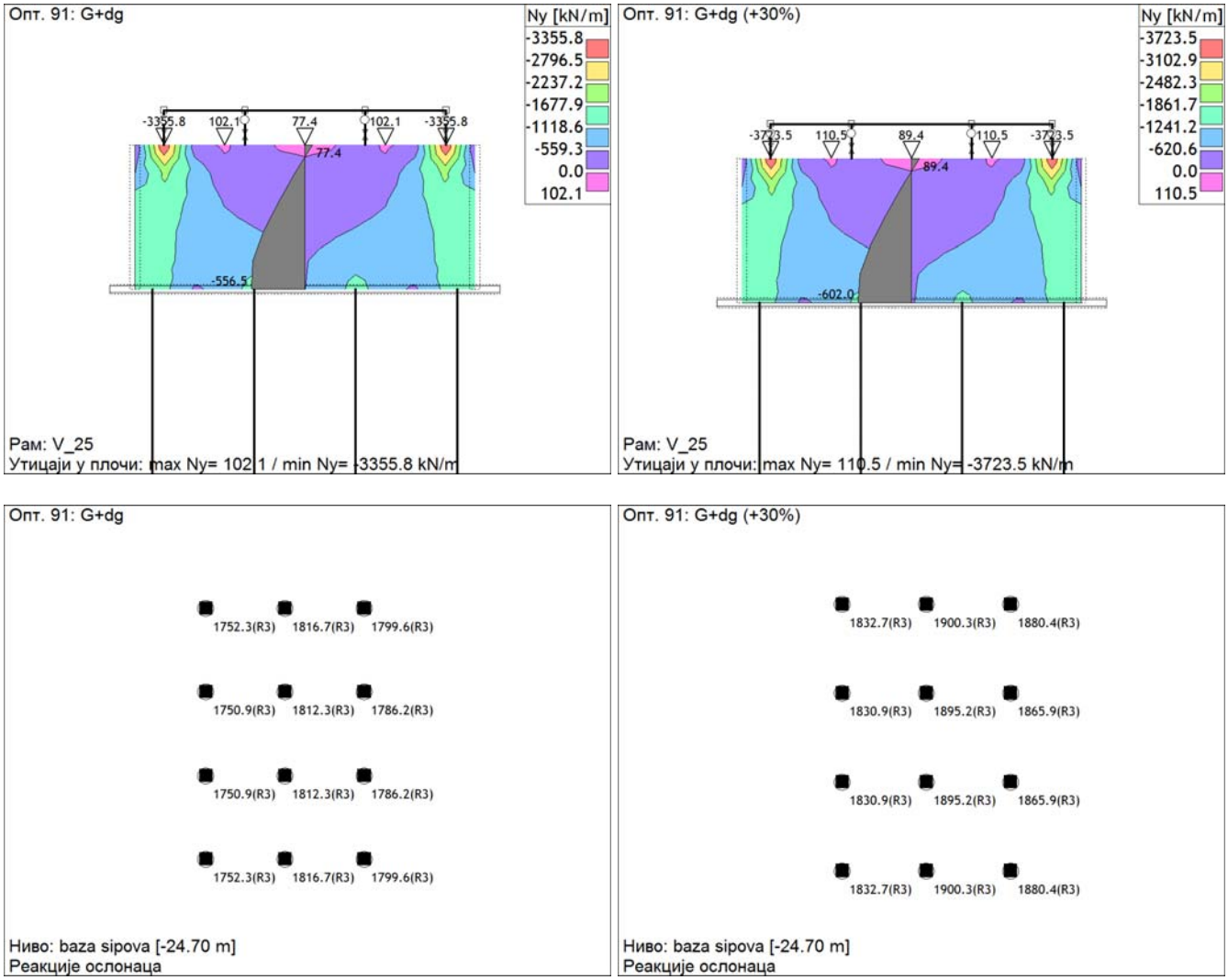








Обални стуб C2



СЕИЗМИЧКИ ПРОРАЧУН СА ВИШИМ ВРЕДНОСТИМА КОЛОВОЗНОГ ЗАСТОРА

- **Маса која осцилује / Mass for seismics**
  - сопствена тежина конструкције моста и стубова / selfweight of the superstructure and abutments
  - додатно стално оптерећење / dead load

Фактори оптерећења за прорачун маса / Load factors for mass calculation

No	Naziv	Koeficijent
1	G (g)	0.50
2	sa konstrukcije	1.00
3	Betonska ploca	1.00
4	Dodtno stalno	1.00
5	LM71 na oba koloseka	0.00

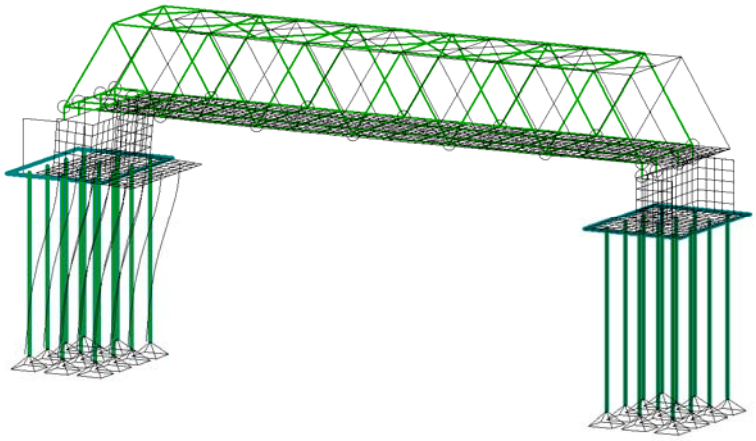
Распоред маса по висини објекта / Mass distribution per levels

Ниво	Z [m]	X [m]	Y [m]	Маса [T]	T/m²
	8.54	64.28	5.28	0.01	
	0.00	64.28	5.28	2039.48	3.07
naglavna greda	-6.70	64.28	5.28	1147.15	3.78
Укупно:	-2.41	64.28	5.28	3186.64	

Подужни правац / Longitudinal direction

Периоди осциловања конструкције/ Natural frequences

No	T [s]	f [Hz]
1	0.5029	1.9884
2	0.2910	3.4366
3	0.1823	5.4868



Изометрија
Форма осциловања: 1/3 [T=0.5029сек / f=1.99Hz]

Tx=0.5029

$S_e(\mathrm{T}) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot \frac{2.5}{q} = 0.05 \cdot 1.15 \cdot 1 \cdot 2.5/1 = 0{,}143$

$A_{Ed,i} = \gamma_I \cdot A_{Ek,i} = \gamma_I \cdot S_d(T) \cdot G_i$

Сеизмичка сила са G+dg(+30%)

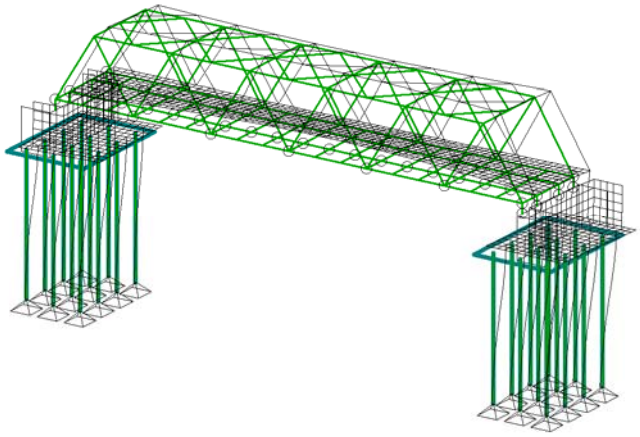
ΣG=18432,7+4260,85/2=20194,4kN

Sx=1.3x20194,4.4x0.143=3754.2 kN

Попречни правац / Transversal direction

Периоди осциловања конструкције/
Natural frequences

No	T [s]	f [Hz]
1	0.4567	2.1897
2	0.3361	2.9753
3	0.1885	5.3056



Изометрија
Форма осциловања: 1/3 [T=0.4567сек / f=2.19Hz]

Ty=0.4567

$$S_e(\mathrm{T}) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot \frac{2.5}{q} = 0.05 \cdot 1.15 \cdot 1 \cdot 2.5/1 = 0{,}143$$

$$A_{Ed,i} = \gamma_I \cdot A_{Ek,i} = \gamma_I \cdot S_d(T) \cdot G_i$$

Сеизмичка сила са G+dg(+30%)

ΣG=18432,7+2x4260,85/2=22324,8kN

Sy =1.3x22324.8x0.143=4150,2kN

- Вертикални еластични спектар одговора:/ Vertical elastic response spectra:

$$0 \le T \le T_B : S_{ve}(T) = a_{vg} \cdot \left[1 + \frac{T}{T_B} \cdot (\eta \cdot 3{,}0 - 1)\right]$$

$$T_B \le T \le T_C : S_{ve}(T) = a_{vg} \cdot \eta \cdot 3{,}0$$

$$T_C \le T \le T_D : S_{ve}(T) = a_{vg} \cdot \eta \cdot 3{,}0 \left[\frac{T_C}{T}\right]$$

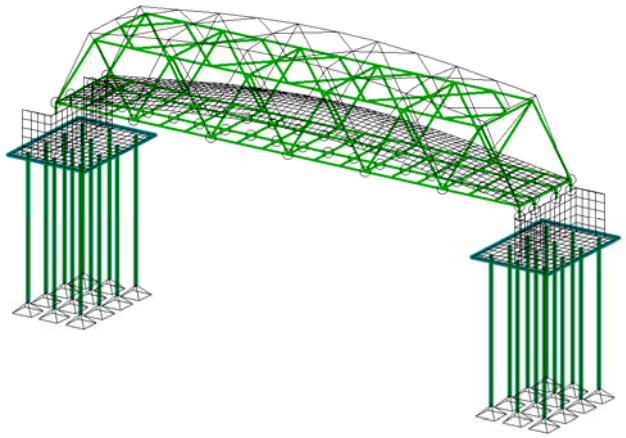
- $$T_D \le T \le 4\mathrm{s} : S_{ve}(T) = a_{vg} \cdot \eta \cdot 3{,}0 \left[\frac{T_C \cdot T_D}{T^2}\right]$$

Type 1 еластичног спектра одговора / **Type 1** elastic response spectra

ground types	a_{vg}/a_g	T_B (s)	T_C (s)	T_D (s)
C	0.90	0.05	0.15	1.0

Периоди осциловања конструкције/
Natural frequences

No	T [s]	f [Hz]
1	0.4039	2.4759
2	0.2247	4.4501
3	0.2146	4.6589



Изометрија
Форма осциловања: 1/3 [T=0.4039сек / f=2.48Hz]

Tz=0.4039

$S_{ve}(\mathrm{T}) = a_{vg} \cdot \eta \cdot 3.0 \left[\frac{T_c}{T}\right] = 0.9 \cdot 0.05 \cdot 1 \cdot 3.0 \left[\frac{0.15}{0.4039}\right]$ =0,0501

Сеизмичка сила са G+dg(+30%)

ΣG=18432,7+2x4260,85/2=22324,8kN

Sz =1.3x22324.8x0.0501=1454.01kN

Оптерећење	Обални стуб C1	Обални стуб C2	Шипови C1		Шипови C2		Сеизмичка сила Sx	Сеизмичка сила Sy	Сеизмичка сила Sz
	Ny [kN/m]	Ny [kN/m]	R_{max} [kN]	R_{min} [kN]	R_{max} [kN]	R_{min} [kN]	Sx [kN/m]	Sy [kN/m]	Sz [kN/m]
G+dg	556	556.5	1799.5	1751.0	1799.6	1750.9	3478	3876	1448
G+dg(+30%)	601.5	602	1880.3	1831.1	1880.4	1830.9	3754.2	4150.2	1454.0

Процентуалне разлике у односу на G+dg са повећањем коловозног застора за 30%

Δ (G+dg +30%)	8.2	8.2	4.5	4.6	4.5	4.6	7.9	7.1	0.4

На основу спроведене анализе као и чињенице да у елементима доњег строја постоји резерва носивости, као и да су разлике у утицајима услед укупних оптерећења још ниже, прорачун елемента доњег строја неће бити поновљен.

12.7 Извод из геомеханичког елабората/ Excerpt from Geotechnical Study

4.7 Меродавни параметри слојева за геостатичке прорачуне

Описи својстава слојева, њихове карактеристике од значаја за процену геотехничких услова изградње и фундирања објекта, дати су у претходном поглављу.

Меродавни параметри тла за геостатичке прорачуне у зонама у којима ће бити вршено темељење на шиповима, усвојени су на основу лабораторијских и теренских опита и приказани су у Табелама 12 и 13. Усвојена су два прорачунска модела терена за оба стубна места.

Вредности хоризонталног модула реакције тла (k_h) по методи Весића из 1961. године одређене су на основу модула еластичности (E_s), момента инерције (I_p) и модула еластичности шипа (E_p), пречника шипа (d) као и Поасоновог коефицијента (ν), користећи следеће формуле:

$$k_h = \frac{0.65}{d} \cdot \sqrt[12]{\frac{E_s \cdot d^4}{E_p \cdot I_p}} \cdot \frac{E_s}{1-\nu^2}$$ Весић, 1961.

$$M_v = E_s \cdot \frac{1-\nu}{(1-2\nu)\cdot(1+\nu)}$$ Теорија еластичности

$$I_p = \frac{r^4\pi}{4}$$ Момент инерције кружног шипа

Вредности хоризонталног модула реакције тла (k_h) по методи Mayerhof-a и Baike-a из 1963. године, одређене су на основу модула еластичности (E_s), пречника шипа (d) као и Поасоновог коефицијента (ν), користећи следећу формулу:

$$k_h = \frac{E_s}{d\cdot(1-\nu^2)}$$ Mayerhof & Baike, 1963.

Табела 12. Преглед усвојених параметара за стубно место 1 (C1)

Ознака слоја	Дубина (m)	Дебљина (m)	γ (kN/m³)	φ (°)	c (kN/m²)	M_v (MN/m³)	ν	E_s (MN/m³)	E_p (MN/m³)	k_h Весић (MN/m³)	k_h Mayerhof & Baike (MN/m³)
CIL-CII	1.0	1.0	19.9	22	14	3.75	0.4	1.75	30000	0.64	1.74
	8.0	7.0									
	10.8	2.8				5.55		2.59		0.98	2.57
siSa	11.3	0.5	19.9*	25*	7*	14.40	0.3	10.70		4.22	9.80
SaP	40.0	28.7	20.3*	32*	5*	24.75	0.2	22.27		8.86	19.34

*Вредности параметара преузете из Надвожњака на km: 108+115.69 (истражне бушотине CRDC Bn-44 и CRDC Bn-45)

Табела 13. Преглед усвојених параметара за стубно место 2 (C2)

Ознака слоја	Дубина (m)	Дебљина (m)	γ (kN/m³)	φ (°)	c (kN/m²)	M_v (MN/m³)	ν	E_s (MN/m³)	E_p (MN/m³)	k_h Весић (MN/m³)	k_h Mayerhof & Baike (MN/m³)
CIL-CII	0.8	0.8	19.9	22	14	3.75	0.4	1.75	30000	0.64	1.74
	8.0	7.2									
	10.2	2.2				5.55		2.59		0.98	2.57
siSa	12.2	2.0	19.9*	25*	7*	14.40	0.3	10.70		4.22	9.80
SaP	40.0	27.8	20.3*	32*	5*	24.75	0.2	22.27		8.86	19.34

*Вредности параметара преузете из Надвожњака на km: 108+115.69 (истражне бушотине CRDC Bn-44 и CRDC Bn-45)

5.2 Прорачун дозвољене носивости и прогнозног слегања тла

Анализе носивости и слегања појединачних шипова као и групе шипова извршене су на основу усвојених дубина фундирања у нивоу наглавних греда, облика и димензија наглавних греда као и распореда шипова на наглавним гредама, облика и димензија шипова и њихових предложених дужина.

Прорачун дозвољене носивости и слегања извршен је у софтверу "GEO5", користећи "Pile Group" софтверски пакет. Анализа је спроведена за прорачунски приступ 2 (ДА-2). Прорачуни су спроведени аналитичком анализом. Битно је напоменути да је у случају аналитичке анализе коефицијент ефикасности групе шипова увршен у коначни резултат носивости групе шипова. За конкретни случај, аналитичка анализа извршена је за стубна места С1 и С2.

Сабирањем свих сила по појединачном шипу добијене су вредности сила целокупне групе шипова за обе групе и као такве фигурирају при прорачуну носивости и слегања групе шипова.

Добијени резултати прорачуна дозвољене носивости као и прогнозног слегања темељног тла за дужину шипова предложену од стране Инвеститора приказани су у оквиру Табеле 15.

Табела 15. Преглед резултата анализе носивости и слегања за појединачан шип и групу шипова

Група шипова	Дужина шипа (m)	Пречник шипа (m)	Резултати анализе				Прогнозно слегање групе шипова
			Rs (kN)	Rb (kN)	Rc (kN)	Rg (kN)	
1	17.0	1.2	4336.76	3073.74	7410.50	63121.50	37.8
2	17.0	1.2	4208.16	3039.77	7247.93	61736.74	35.5

На основу резултата спроведене анализе носивости темељног тла може се закључити да је за пројектоване дужине шипова услов у погледу носивости задовољен за случај појединачних шипова као и за случај групе шипова.

На основу спроведене прорачунске анализе прогнозног слегања темељног тла може се закључити да је за пројектоване дужине шипова услов у погледу слегања групе шипова задовољен, и да су вредности прогнозног слегања тла у границама дозвољеног (у складу са "SRPS EN 1997-1/NA:2020").

Резултати верификације дати су у Прилогу E1/2-1.20.1.7.

Verification of pile group

Input data

Project

Task : STUDY OF GEOLOGICAL RESEARCHES OF THE FIELD FOR THE PURPOSES OF MODERNIZATION AND RECONSTRUCTION OF THE HUNGARY-SERBIA RAILWAY, ON TERRITORY OF SERBIA ON SECTION NOVI SAD-SUBOTICA-STATE BORDER (KELEBIJA)
Part : SECTION I (CK 76+500 - CK 117+000), THE BRIDGE OVER CANAL DTD 110+351.21
Description : S1
Author : Aljoša Mitić, M. Sc. Geol. Eng.
Date : 5/31/2021

Settings

Standard - EN 1997 - DA2

Materials and standards

Concrete structures : EN 1992-1-1 (EC2)
Coefficients EN 1992-1-1 : standard
Steel structures : EN 1993-1-1 (EC3)
Partial factor on bearing capacity of steel cross section : $\gamma_{M0} = 1.00$

Pile Group

Analysis for drained conditions : NAVFAC DM 7.2
Analysis for undrained conditions : UFC 3-220-01A
Efficiency of pile group : La Barré (CSN 73 1002)
Verification methodology : according to EN 1997
Design approach : 2 - reduction of actions and resistances

Partial factors on actions (A)					
Permanent design situation					
		Unfavourable		Favourable	
Permanent actions :	$\gamma_G =$	1.35	[–]	1.00	[–]

Partial factors for resistances (R)			
Permanent design situation			
Partial factor on shaft resistance :	$\gamma_s =$	1.10	[–]
Partial factor on base resistance :	$\gamma_b =$	1.10	[–]

Soil parameters

CIL-CII

Unit weight : $\gamma = 19.90$ kN/m³
Oedometric modulus : $E_{oed} = 3.75$ MPa
Saturated unit weight : $\gamma_{sat} = 19.90$ kN/m³
Cohesion of soil : $c_u = 82.00$ kPa
Adhesion factor : $\alpha = 0.56$
Angle of internal friction : $\varphi_{ef} = 22.00$ °

siSa

Unit weight : $\gamma = 19.90$ kN/m³
Oedometric modulus : $E_{oed} = 14.40$ MPa
Saturated unit weight : $\gamma_{sat} = 19.90$ kN/m³
Angle of internal friction : $\varphi_{ef} = 25.00$ °

SaP

Unit weight : $\gamma = 20.30$ kN/m³
Oedometric modulus : $E_{oed} = 24.75$ MPa
Saturated unit weight : $\gamma_{sat} = 20.30$ kN/m³
Angle of internal friction : $\varphi_{ef} = 32.00$ °

Geometry

Depth from ground surface h_z = 0.00 m
Pile head offset h = -3.20 m
Thickness of pile cap t = 2.00 m
Length of piles l = 17.00 m

Load

No.	Load new	Load change	Name	Type	N [kN]	M_x [kNm]	M_y [kNm]	H_x [kN]	H_y [kN]	M_z [kNm]
1	Yes		Load No. 1	Design	58042.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	Yes		Load No. 2	Service	40114.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Ground water table

The ground water table is at a depth of 1.00 m from the original terrain.

Global settings

Analysis type : analytical solution
Type of soil : cohesionless soil

Settings of the stage of construction

Design situation : permanent

Verification No. 1

Analysis of bearing capacity - input data

Analysis carried out for the load case No. 1. (Load No. 1)
Factor determining critical depth : : k_{dc} = 24.00
Factor of bearing capacity N_q was computed.

Analysis of bearing capacity of pile group in cohesionless soils

Max. vertical force includes self-weight of pile cap.

Pile skin bearing capacity R_s = 4336.76 kN
Pile base bearing capacity R_b = 3073.74 kN
Vertical bearing capacity of single pile R_c = 7410.50 kN
Vertical bearing capacity of pile group R_g = 63121.50 kN
Maximum vertical force V_d = 58042.00 kN

R_g = 63121.50 kN > 58042.00 kN = V_d

Vertical bearing capacity of pile group is SATISFACTORY

Verification No. 1

Analysis of settlement of pile group in cohesionless soils

Max. vertical force includes self-weight of pile cap.

Group settlement factor g_f = 2.94
Load at the onset of mobilization of skin friction R_{yu} = 70291.69 kN
The settlement for the force Ryu s_y = 66.2 mm
Total resistance R_c = 77430.39 kN
Maximum settlement s_{lim} = 120.0 mm

The settlement for maximum service load V = 40114.00 kN is 37.8 mm.

Verification of pile group

Input data

Project

Task : STUDY OF GEOLOGICAL RESEARCHES OF THE FIELD FOR THE PURPOSES OF MODERNIZATION AND RECONSTRUCTION OF THE HUNGARY-SERBIA RAILWAY, ON TERRITORY OF SERBIA ON SECTION NOVI SAD-SUBOTICA-STATE BORDER (KELEBIJA)
Part : SECTION I (CK 76+500 - CK 117+000), THE BRIDGE OVER CANAL DTD 110+351.21
Description : S2
Author : Aljoša Mitić, M. Sc. Geol. Eng.
Date : 5/31/2021

Settings

Standard - EN 1997 - DA2

Materials and standards

Concrete structures : EN 1992-1-1 (EC2)
Coefficients EN 1992-1-1 : standard
Steel structures : EN 1993-1-1 (EC3)
Partial factor on bearing capacity of steel cross section : γ_{M0} = 1.00

Pile Group

Analysis for drained conditions : NAVFAC DM 7.2
Analysis for undrained conditions : UFC 3-220-01A
Efficiency of pile group : La Barré (CSN 73 1002)
Verification methodology : according to EN 1997
Design approach : 2 - reduction of actions and resistances

Partial factors on actions (A)					
Permanent design situation					
		Unfavourable		Favourable	
Permanent actions :	γ_G =	1.35	[–]	1.00	[–]

Partial factors for resistances (R)			
Permanent design situation			
Partial factor on shaft resistance :	γ_s =	1.10	[–]
Partial factor on base resistance :	γ_b =	1.10	[–]

Soil parameters

CIL-CII

Unit weight : γ = 19.90 kN/m³
Oedometric modulus : E_{oed} = 3.75 MPa
Saturated unit weight : γ_{sat} = 19.90 kN/m³
Cohesion of soil : c_u = 82.00 kPa
Adhesion factor : α = 0.56
Angle of internal friction : φ_{ef} = 22.00 °

siSa

Unit weight : γ = 19.90 kN/m³
Oedometric modulus : E_{oed} = 14.40 MPa
Saturated unit weight : γ_{sat} = 19.90 kN/m³
Angle of internal friction : φ_{ef} = 25.00 °

SaP

Unit weight : γ = 20.30 kN/m³
Oedometric modulus : E_{oed} = 24.75 MPa
Saturated unit weight : γ_{sat} = 20.30 kN/m³
Angle of internal friction : φ_{ef} = 32.00 °

Geometry

Depth from ground surface h_z = 0.00 m
Pile head offset h = -3.20 m
Thickness of pile cap t = 2.00 m
Length of piles l = 17.00 m

Load

No.	Load new	Load change	Name	Type	N [kN]	M_x [kNm]	M_y [kNm]	H_x [kN]	H_y [kN]	M_z [kNm]
1	Yes		Load No. 1	Design	50342.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	Yes		Load No. 2	Service	36835.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Ground water table

The ground water table is at a depth of 0.80 m from the original terrain.

Global settings

Analysis type : analytical solution
Type of soil : cohesionless soil

Settings of the stage of construction

Design situation : permanent

Verification No. 1

Analysis of bearing capacity - input data

Analysis carried out for the load case No. 1. (Load No. 1)
Factor determining critical depth : : k_{dc} = 24.00
Factor of bearing capacity N_q was computed.

Analysis of bearing capacity of pile group in cohesionless soils

Max. vertical force includes self-weight of pile cap.
Pile skin bearing capacity R_s = 4208.16 kN
Pile base bearing capacity R_b = 3039.77 kN
Vertical bearing capacity of single pile R_c = 7247.93 kN
Vertical bearing capacity of pile group R_g = 61736.74 kN
Maximum vertical force V_d = 50342.00 kN

R_g = 61736.74 kN > 50342.00 kN = V_d

Vertical bearing capacity of pile group is SATISFACTORY

Verification No. 1

Analysis of settlement of pile group in cohesionless soils

Max. vertical force includes self-weight of pile cap.
Group settlement factor g_f = 2.94
Load at the onset of mobilization of skin friction R_{yu} = 68766.18 kN
The settlement for the force Ryu s_y = 66.2 mm
Total resistance R_c = 75920.33 kN
Maximum settlement s_{lim} = 120.0 mm

The settlement for maximum service load V = 36835.00 kN is 35.5 mm.

2/1.1.20.6.2 ПРОРАЧУН ИНТЕРАКЦИЈЕ

САДРЖАЈ

1.1 Текстуална документација

1.1.1 Технички опис

1.1.1.1 Резултати прорачуна интеракције колосек - мост
1.1.1.2 Резултати провере стабилности колосека у хоризонталној равни на мосту
1.1.1.3 Резултати провере величине зазора услед пуцања шине на мосту
1.1.1.4 Техничке мере за осигурање безбедности при исклизнућу возила из колосека на мосту

1.2 Нумеричка документација

1.2.1 Статички прорачун

1.2.1.1 Улазни прорачунски параметри оптерећења
1.2.1.2 Улазни прорачунски параметри колосека
1.2.1.3 Улазни прорачунски параметри моста
1.2.1.4 Прорачунски модел интеракције колосек - мост
1.2.1.5 Прорачун интеракције колосек - мост за летње климатске услове
1.2.1.6 Прорачун интеракције колосек - мост за зимске климатске услове
1.2.1.7 Стабилност колосека у хоризонталној равни на мосту у летњим климатским условима
1.2.1.8 Величина зазора услед пуцања шине на мосту у зимским климатским условима
1.2.1.9 Капацитет шинске дилатационе справе у колосеку на мосту

1.1 Текстуална документација

1.1.1 Технички опис

Прорачун интеракције колосек - мост за потребе уређења конструкције горњег строја железничке пруге на мосту на km 110+351,21 извршен је у складу са захтевима Техничких спецификација интероперабилности за подсистем инфраструктура (INF TSI).

Улазни прорачунски параметри оптерећења су усклађени са: Техничким спецификацијама интероперабилности за подсистем инфраструктура, као и српским стандардима SRPS EN 1991-1-5, SRPS EN 1991-1-5/NA, SRPS EN 1991-2, SRPS EN 1991-2/NA.

У том смислу разматрана су следећа опретећења услед:

- меродавних температурних промена у оси моста и континуално завареним шинама,
- вертикалног оптерећења од возила у складу са шемом оптерећења LM 71, SW/0, SW/2.
- хоризонталног оптерећења услед убрзања и/или кочења возила.

Сви улазни прорачунски подаци који се односе на конструкцију моста, конструкцију горњег строја железничке пруге, као и железничка возила детаљно су образложени у поглављима 1.2.1.1, 1.2.1.2 и 1.2.1.3. С обзиром на то да је пројектна брзина 200 km/h, извршен је статички прорачун интеракције колосек - мост. Прорачун је извршен помоћу интегралног модела конструкције колосека и конструкције моста, уз разматрање:

- параметара моста: диспозиција моста (статички систем, распон, дилатациона дужина), геометријске карактеристике конструкције горњег строја моста, крутост и распоред ослонаца,
- параметара колосека: попречни пресек шине и квалитет шинског челика, отпор подужном померању неоптерећеног и оптерећеног колосека уз узимање у обзир билинеарног понашања,
- параметара оптерећења: температурна промена у конструкцији горњег строја моста, температурна промена у континуално завареним шинама, убрзање/кочење возила, померања и заокретања крајева конструкције горњег строја моста услед оптерећења од саобраћаја.

Веза између елемената колосека и елемената конструкције горњег строја моста моделована је помоћу еластичних веза са билинеарним понашањем. Хоризонтална крутост ослоначких елемената је дефинисана у моделу на основу UIC 774-3 препорука и SRPS EN 1991-2 стандарда. На тај начин се добијају утицаји у шинама који су меродавни за упоређивање са дозвољеним додатним напонима, доказивање стабилности колосека у хоризонталној равни при максималним летњим температурним променама, као и прорачуну величине зазора услед пуцања шине при максималним зимским температурним променама. Прорачунски модел узима у обзир колосек са континуално завареним шинама на дужини моста и по 300 m испред и иза моста, што одговара максималној утицајној дужини кочења возила. Изглед прорачунског модела приказан је на сликама 9-11. Детаљан опис карактеристика модела приказан је у поглављу 1.2.1.4.

1.1.1.1 Резултати прорачуна интеракције колосек - мост

Хоризонталне реакције по једном (од укупно два) непокретном лежишту моста на опорцу услед интеракције колосек - мост:

Врста утицаја	**Летњи климатски услови**	**Зимски климатски услови**
Температурна промена у оси моста и континуално завареним шинама	**-216,40 kN**	**+311,10 kN**
Убрзање + Кочење воза	**±559,45 kN**	**±455,85 kN**
Вертикално оптерећење од воза	**+161,25 kN**	**+180,30 kN**
Напомена 1: Позитиван смер реакције одговара смеру раста стационаже. Напомена 2: За димензионисање лежишта и стубова моста узима се комбиновани утицај силе од температуре, силе убрзања + кочења и одговарајућег вертикалног оптерећења од воза.		

Максимални додатни напони притиска и затезања у континуално завареним шинама:

Врста утицаја	**Леви колосек**	**Десни колосек**
Летњи климатски услови		
Температурна промена у оси моста и континуално завареним шинама	0,00 MPa	0,00 MPa
Убрзање/Кочење	-49,18 MPa	-41,70 MPa
Вертикално оптерећење од воза	0,00 MPa	0,00 MPa
Укупни додатни напони притиска/затезања у мероданим пресецима континуално заварене шине	**-49,18 MPa ≤ -72 MPa**	**-41,70 MPa ≤ -72 MPa**
Зимски климатски услови		
Температурна промена у оси моста и континуално завареним шинама	0,00 MPa	0,00 MPa
Убрзање/Кочење	+62,87 MPa	+60,30 MPa
Вертикално оптерећење од воза	+12,32 MPa	+12,32 MPa
Укупни додатни напони притиска/затезања у мероданим пресецима континуално заварене шине	**+75,19 MPa ≤ +92 MPa**	**+72,62 MPa ≤ +92 MPa**
Напомена 1: Напони притиска са предзнаком (-), напони затезања са предзнаком (+)		

Максимална апсолутна и релативна померања конструкције колосека и конструкције горњег строја моста:

Врста померања	**Летњи климатски услови**	**Зимски климатски услови**
Апсолутно хоризонтално померање конструкције горњег строја моста услед убрзања /кочења воза	**5,00 mm ≤ 5 mm**	**4,90 mm ≤ 5 mm**
Релативно хоризонтално померање између шине и конструкције горњег строја моста услед убрзања /кочења воза	**1,28 mm ≤ 4 mm (кочење)** **1,66 mm ≤ 4 mm (убрзање)**	**1,33 mm ≤ 4 mm (убрзање)** **1,53 mm ≤ 4 mm (кочење)**
Хоризонтално померање услед заокретања крајева конструкције горњег строја моста под вертикалним оптерећењем од воза	**8,30 mm ≈ 8mm**	**8,26 mm ≈ 8mm**

1.1.1.2 Резултати провере стабилности колосека у хоризонталној равни на мосту

Улазни параметри за проверу стабилности колосека у хоризонталној равни на мосту при екстремним летњим температурама у шинама и конструкцији горњег строја моста усвојени су у складу са поглављем 1.2.1.7 и на основу резултата прорачуна интеракције колосек - мост.

Провера стабилности колосека у хоризонталној равни спроведена је за максималну вредност силе притиска у колосеку -1574260 N, која се због уграђене дилатационе справе у колосеку на мосту јавља у прелазној зони са насипа на мост.

1.1.1.3 Резултати провере величине зазора услед пуцања шине на мосту

Прорачун је извршен уз претпоставку да је максимални подужни отпор при еластичном померању шине кроз систем еластичног шинског причвршћења 30 kN/m, што одговара сили подужног отпора 9 kN.

Срачуната вредност зазора услед пуцања шине у зимским условима износи приближно 44,04 mm.

1.1.1.4 Техничке мере за осигурање безбедности при исклизнућу возила из колосека на мосту

- Сигурносне шине, за задржавање возова у колосеку у случају исклизнућа, потребно је уградити, јер оне могу да пруже сигурност при брзинама до 160 km/h. Улога сигурносних шина је да задрже возило у колосеку уколико дође до исклизнућа на мосту. На тај начин се штити конструкција моста од оштећења и смањују се остале негативне последице исклизнућа (нпр. пад возила са моста након исклизнућа). Сигурносне шине се постављају на прагове са равном горњом површином. Сигурносне шине се продужавају по 10 m на насипе испред и иза моста и спајају се у средини колосека. С обзиром на то да се ради о V_p= 200 km/h, потребно је обезбеди и да горња ивица ивичњака бетонског корита моста буде 25 cm изнад горње ивице прага.

1.2 Нумеричка документација

1.2.1 Статички прорачун

1.2.1.1 Улазни прорачунски параметри оптерећења

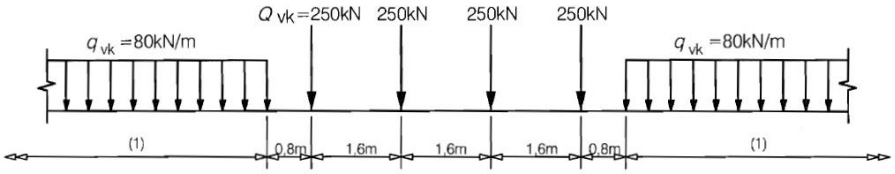
Улазни прорачунски параметри оптерећења су усклађени са: Техничким спецификацијама интероперабилности за подсистем инфраструктура, као и српским стандардима SRPS EN 1991-1-5, SRPS EN 1991-1-5/NA, SRPS EN 1991-2, SRPS EN 1991-2/NA.

Деловање температуре:

- температурна промена у континуално завареним шинама у летњим климатским условима: +42,5 K,
- температурна промена у континуално завареним шинама у зимским климатским условима: -52,5 K,
- температурна промена у конструкцији горњег строја моста у летњим климатским условима: +49 K,
- температурна промена у конструкцији горњег строја моста у зимским климатским условима: -44 K.

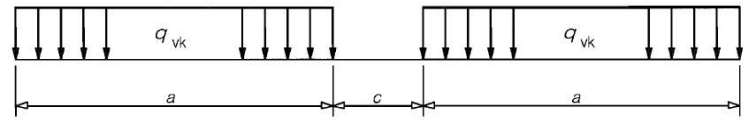
Деловање вертикалног оптерећења од воза:

- LM71



Сл. 2: Шема оптерећења LM71 (α=1,21)

- SW/0, SW/2



Load Model	q_{vk} [kN/m]	a [m]	c [m]
SW/0	133	15,0	5,3
SW/2	150	25,0	7,0

Сл. 3: Шема оптерећења SW/0, SW/2 (α=1,21 за SW/0)

Деловање хоризонталног оптерећења од убрзање/кочења воза LM71, SW/0, SW/2:

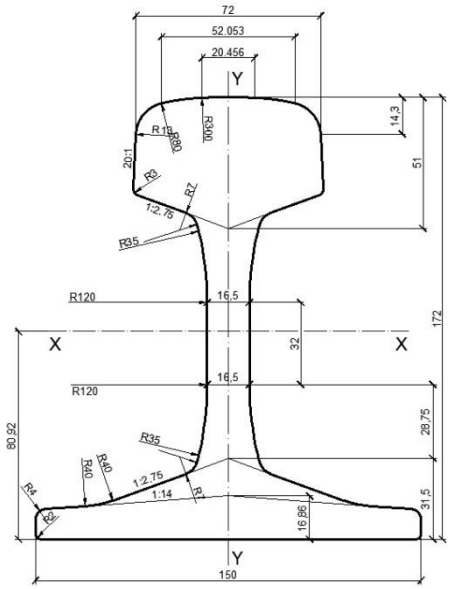
- сила убрзања воза 33 kN/m (≤1000 kN) за LM71, SW/0, SW/2 (α=1,21 за LM71, SW/0),
- сила кочења воза 20 kN/m (≤6000 kN) за LM71, SW/0 (α=1,21),
- сила кочења воза 35 kN/m за SW/2.

1.2.1.2 Улазни прорачунски параметри колосека

Улазни прорачунски параметри колосека су усклађени са: српрским стандардима SRPS EN 13146-1, SRPS EN 13230 - делови 1 и 2, SRPS EN 13231, SRPS EN 13450, SRPS EN 13481 - делови 1 и 2, SRPS EN 13674-1, SRPS EN 1991-2, Законом о безбедности и интероперабилности железничког саобраћаја, као и Правилником о техничким условима и одржавању горњег строја железничких пруга.

Шина

- попречни пресек шине 60E1 (затезна чврстоћа челика 900 N/mm^2) у складу са SRPS EN 13674-1,
- Јунгов модул еластичности шинског челика E=210 GPa,
- дозвољени додатни напон затезања у ножици шине 92 MPa у складу са SRPS EN 1991-2,
- дозвољени додатни напон притиска у шини 72 MPa у складу са SRPS EN 1991-2,
- термички коефицијент издужења шинског челика α=1,15x10^{-5} 1/K.



F	[cm^2]	76.7
m/l	[kg/m]	60.21
I_X	[cm^4]	3038.3
$W_{X,h}$	[cm^3]	333.6
$W_{X,b}$	[cm^3]	375.5
I_Y	[cm^4]	512.3
W_Y	[cm^3]	68.3
b_r	[mm]	150
h_r	[mm]	172

Сл. 4: Попречни пресек шине 60E1 са геометријским карактеристикама

Системи еластичних шинских причвршћења

За бетонске прагове у складу са серијом српских стандарда SRPS EN 13481 - делови 1 и 2 и SRPS EN 13146-1.

- минимални еластични подужни отпор померању шине ≥ 7 kN (рачунато са 9 kN) у складу са SRPS EN 13674-1,

Једноделни прагови од преднапрегнутог бетона са равном горњом површином

У складу са серијом српских стандарда SRPS EN 13481-2 и SRPS EN 13230 - делови 1 и 2.

- минимална маса прага 281 kg без шинског причвршћења,
- дужина прага 260 cm,
- подужно осно растојање између прагова 60 cm,
- минимална активна површина ослањања прага на застор 0,57 m^2.

Дилатациона справа у колосеку

Пројектована је на стационажи km 110+382,55 у оба колосека.

Засторна призма од туцаника

У складу са серијом српских стандарда SRPS EN 13450 са димензијама засторне призме према SRPS EN 13231.

- минимална дебљина засторне призме на мосту испод доње ивице прага у пресеку испод шине 35 cm,
- ширина раменог дела засторне призме у бетонском кориту моста > 50 cm,
- отпор засторне призме подужном померању неоптерећеног колосека k=20 kN/m у складу са SRPS EN 1991-2,
- отпор засторне призме подужном померању оптерећеног колосека k=60 kN/m у складу са SRPS EN 1991-2.

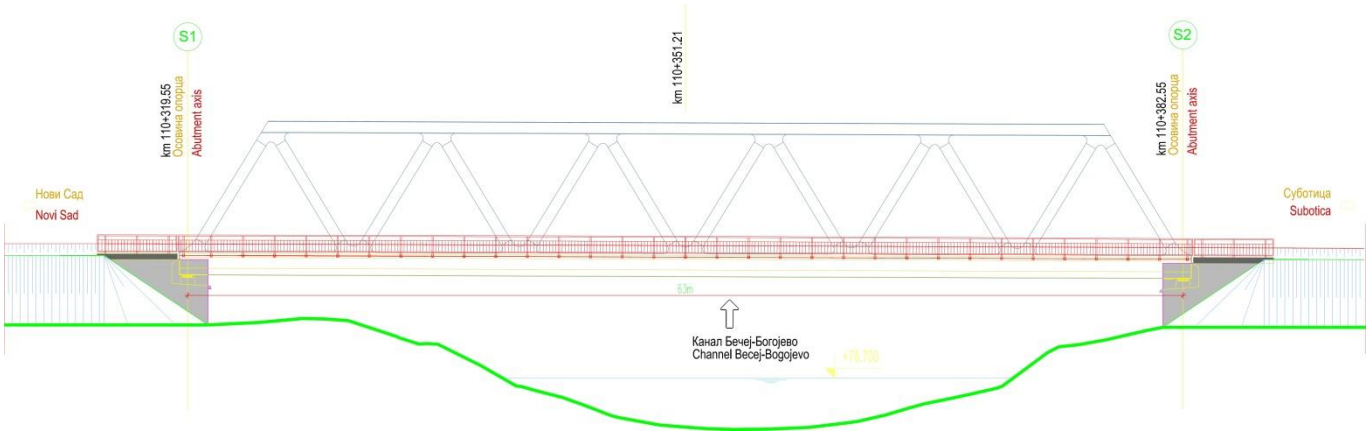
1.2.1.3 Улазни прорачунски параметри моста

Улазни прорачунски параметри моста су дефинисани у складу са карактеристикама конструкције моста.

- мост је статичког система просте греде распона L=63 m,
- конструкцију горњег строја моста чини челична решеткаста конструкција са АБ коритом спрегнутим за попречне носаче доњег појаса решеткасте конструкције,
- челична решеткаста конструкција се изводи од челика класе S355,
- АБ корито се изводи од бетона класе C35/45,
- ослањање конструкције горњег строја моста на опорце се врши преко 8 лежишта, по 4 на оба опорца,
- захтевана минимална подужна (хоризонтална) крутост ослонаца конструкције горњег строја моста при убрзању/кочења воза је ≥ 300000 kN/m,

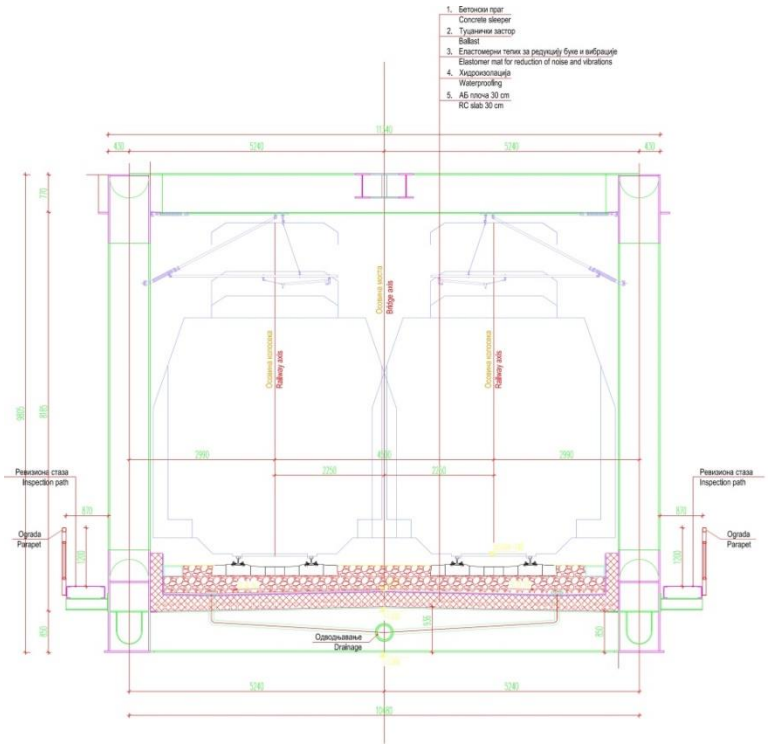
- дилатациона дужина моста је L_T=63 m,
- мост је у правцу,
- на мосту се налази двоколосечна пруга пројектована за брзину V_p=200 km/h,
- максимално допуштено подужно релативно померање између континуално заварене шине и конструкције горњег строја моста услед убрзања/кочења воза је ≤ 4 mm,
- максимално допуштено подужно апсолутно померање конструкције горњег строја моста услед убрзања/кочења воза је ≤ 5 mm,
- максималано допуштено подужно померање конструкције горњег строја моста услед заокретања крајева конструкције горњег строја моста под вертикалним оптерећењем од воза је ≤ 8 mm.

Подужни пресек



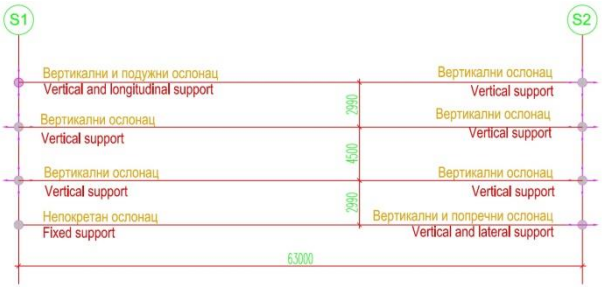
Сл. 5: Подужни пресек моста на km 110+351,21

Попречни пресек



Сл. 6: Попречни пресек моста на km 110+351,21

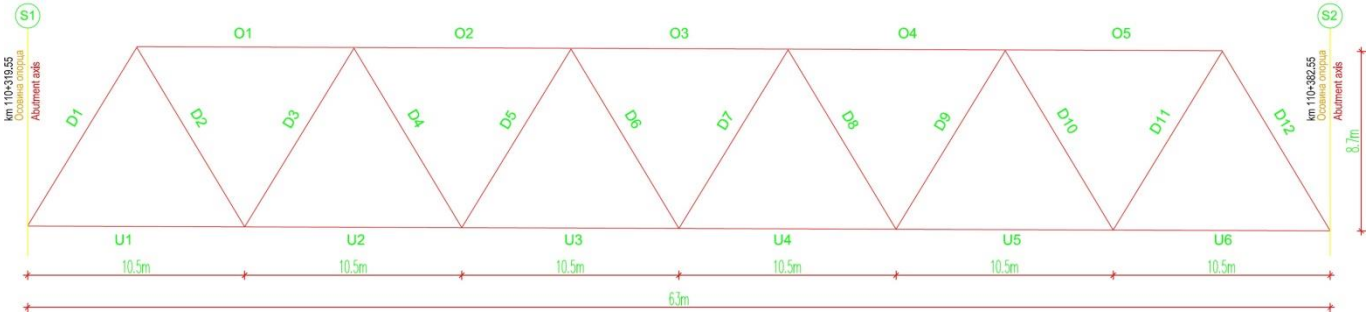
План лежишта



Сл. 7: План лежишта моста на km 110+351,21

Геометријске карактеристике елемената конструкције горњег строја моста

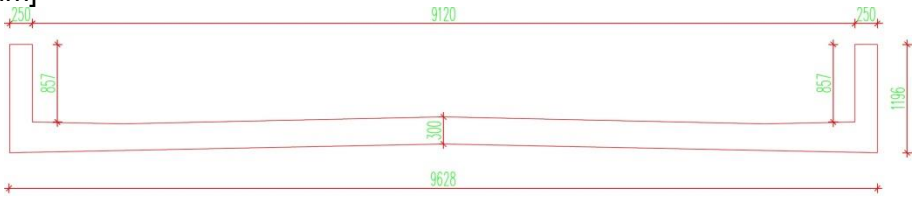
Челична решеткаста конструкција спрегнута са АБ коритом:



- Елементи челичне решеткасте конструкције [mm]

ГЛАВНИ НОСАЧ / MAIN GIRDER				
Доњи појас / Bottom cord	ЕЛЕМЕНТ / ELEMENT	ЕЛЕМЕНТ ПОПРЕЧНИ ПРЕСЕК / ELEMENT CROSS-SECTION U1, U2, U5, U6	ЕЛЕМЕНТ ПОПРЕЧНИ ПРЕСЕК / ELEMENT CROSS-SECTION U3, U4	МАТЕРИЈАЛ / MATERIAL
	ГОРЊА ФЛАНША b1xt1 / TOP FLANGE b1xt1	800x20	800x25	t≤20mm: S355 J2+Z15 20<t≤35mm: S355 J2+Z25 t>35mm: S355 K2+Z25
	ДОЊА ФЛАНША b2xt2 / BOTTOM FLANGE b2xt2	1100x15	1100x20	
	РЕБРА hwxtw / WEBS hwxtw	1430x15	1430x20	
	ПОДУЖНА УКРУЋЕЊА РЕБАРА / WEBS LONGITUDINAL STIFFENERS	250x20	250x20	
Горњи појас / Top cord	ЕЛЕМЕНТ / ELEMENT	ЕЛЕМЕНТ ПОПРЕЧНИ ПРЕСЕК / ELEMENT CROSS-SECTION O1, O5	ЕЛЕМЕНТ ПОПРЕЧНИ ПРЕСЕК / ELEMENT CROSS-SECTION O2, O3, O4	
	ГОРЊА ФЛАНША b1xt1 / TOP FLANGE b1xt1	800x30	800x40	
	ДОЊА ФЛАНША b2xt2 / BOTTOM FLANGE b2xt2	250x30	250x40	
	РЕБРА hwxtw / WEBS hwxtw	730x25	730x25	
Дијагонале / Diagonals	ЕЛЕМЕНТ / ELEMENT	ЕЛЕМЕНТ ПОПРЕЧНИ ПРЕСЕК / ELEMENT CROSS-SECTION		
		D1, D12	D2, D11	D3, D10	D4, D9	D5 - D8
	ФЛАНША bfxtf / FLANGE bfxtf	750x40	700x30	650x25	550x20	550x15
	РЕБРА hwxtw / WEBS hwxtw	800x30	800x15	800x15	800x15	800x10

- АБ корито [mm]



Материјалне карактеристике елемената конструкције горњег строја моста

Сви елементи челичне решеткасте конструкције су од челика класе S355 следећих карактеристика:

Челик класе S355:

- $E=2,1x10^{8}$ kN/m^2
- v=0,3
- $\alpha=1,2x10^{-5}$ 1/C
- $\rho=76,98$ kN/m^3

АБ корито је од бетона класе C35/45 следећих карактеристика:

Бетон класе C35/45:

- $E= 3,4077x10^{7}$ kN/m^2 ($Er=9,33x10^{6}$ kN/m^2 - редукована вредност испрскалог бетона са арматуром)
- v=0,2
- $\alpha=1,0x10^{-5}$ 1/C
- $\rho=25,00$ kN/m^3

Затегнута арматура у бетонском кориту је класе B500B:

Арматурни челик класе B500B:

- $E=2,1x10^{8}$ kN/m^2
- v=0,3
- $\alpha=1,2x10^{-5}$ 1/C
- $\rho=78,00$ kN/m^3

1.2.1.4 Прорачунски модел интеракције колосек - мост

На основу прорачуна интеракције колосек - мост добијају се утицаји у следећем облику:

- подужне силе у ослонцима (реакције непокретних ослонаца),
- додатни напони у шинама,
- апсолутна и релативна померања шина и конструкције горњег строја моста.

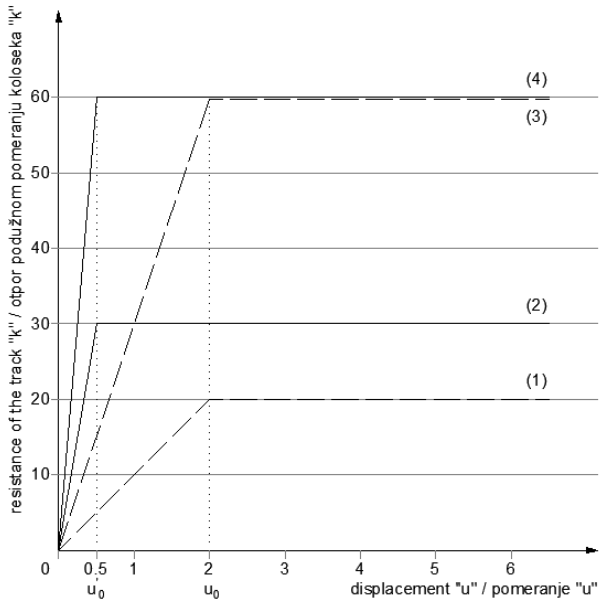
Утицаји услед интеракције се одређују итеративно, серијом нелинеарних симулација, како би се утврдило понашање система колосек - мост, услед температурних промена у конструкцији горњег строја моста, вертикалног оптерећења од воза и подужних сила услед убрзања/кочења воза.

Прорачун интеракције колосек - мост се спроводи помоћу интегралног модела конструкције колосека и конструкције моста узимајући у обзир:

- параметре моста: диспозиција моста (статички систем, распони, дилатационе дужине), геометријске карактеристике конструкције горњег строја моста, крутост и распоред ослонаца,
- параметре колосека: попречни пресек шине и квалитет шинског челика, отпор подужном померању оптерећеног и неоптерећеног колосека уз узимање у обзир билинеарног понашања везе колосек - мост,
- параметре оптерећења: температурне промене у конструкцији горњег строја моста и шинама, убрзања и кочење воза, померања и заокретања крајева конструкције горњег строја моста услед оптерећења од саобраћаја.

Веза између елемената колосека и елемената конструкције горњег строја моста моделована је помоћу еластичних веза са билинеарним понашањем у складу са српским стандардом SRPS EN 1991-2 (слика 8).

У моделу је усвојена хоризонтална крутост непокретног ослонца која одговара стварном померњу конструкције горњег строја моста при убрзању/кочењу воза. На тај начин се добијају утицаји у шинама који су меродавни за анализу дозвољених додатних напона и стабилност колосека при максималним летњим температурним променама, као и величине зазора при пуцању шине при максималним зимским температурним променама. Прорачунски модел узима у обзир колосек са континуално завареним шинама на дужини од 300 m испред и иза моста, што одговара максималној утицајној дужини кочења воза.



(1) - resistance of sleeper in ballast (unloaded track)
otpor podužnom pomeranju praga kroz zastor (neopterećen kolosek)

(2) - resistance of rail in sleeper (unloaded track) (frozen ballast or track without ballast)
otpor podužnom pomeranju šine u odnosu na prag (neopterećen kolosek) (smrznuti zastor ili kolosek na čvrstoj podlozi)

(3) - resistance of sleeper in ballast (loaded track)
otpor podužnom pomeranju praga kroz zastor (opterećen kolosek)

(4) - resistance of rail in sleeper (loaded track) (frozen ballast or track without ballast)
otpor podužnom pomeranju šine u odnosu na prag (opterećen kolosek) (smrznuti zastor ili kolosek na čvrstoj podlozi)

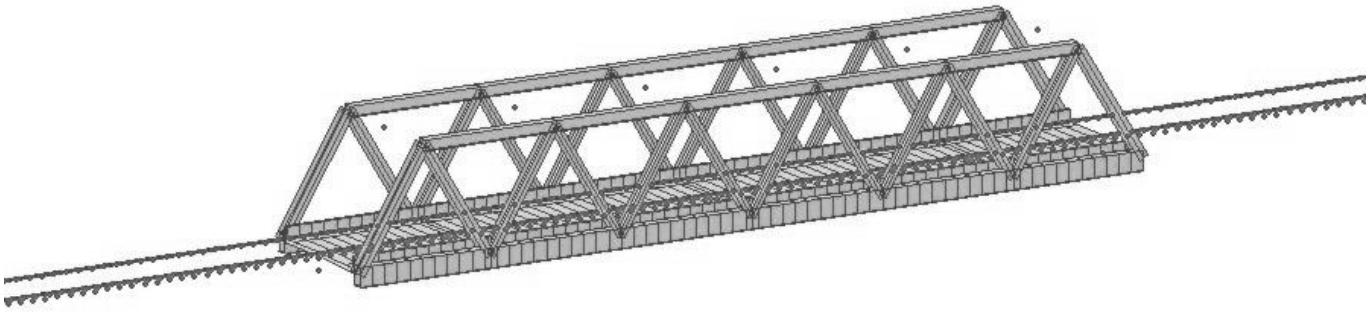
u'_0 - ultimate relative displacement of the rail to the sleeper
granično relativno pomeranje šine u odnosu na prag

u_0 - ultimative relative displacement of the sleeper in the ballast
granično relativno pomeranje praga u odnosu na zastor

Note: / Napomena:
rail profile 60E1, concrete sleepers B70 at a distance of 60 cm and longitudinal resistance of the rail in the track 2x9 kN, minimum thickness of the compacted ballast below the sleeper is 30 cm.
šine 60E1, betonski pragovi B70 na razmaku 60 cm i podužni otpor šina u koloseku 2x9 kN, minimalna debljina zbijenog zastora ispod praga 30 cm.

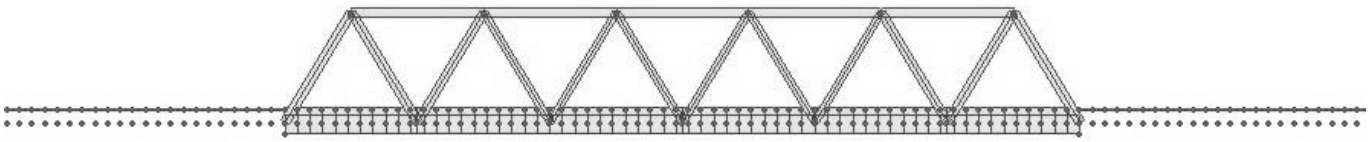
Сл. 8: Дијаграм отпора подужном померању колосека/шине

Изглед прорачунског модела



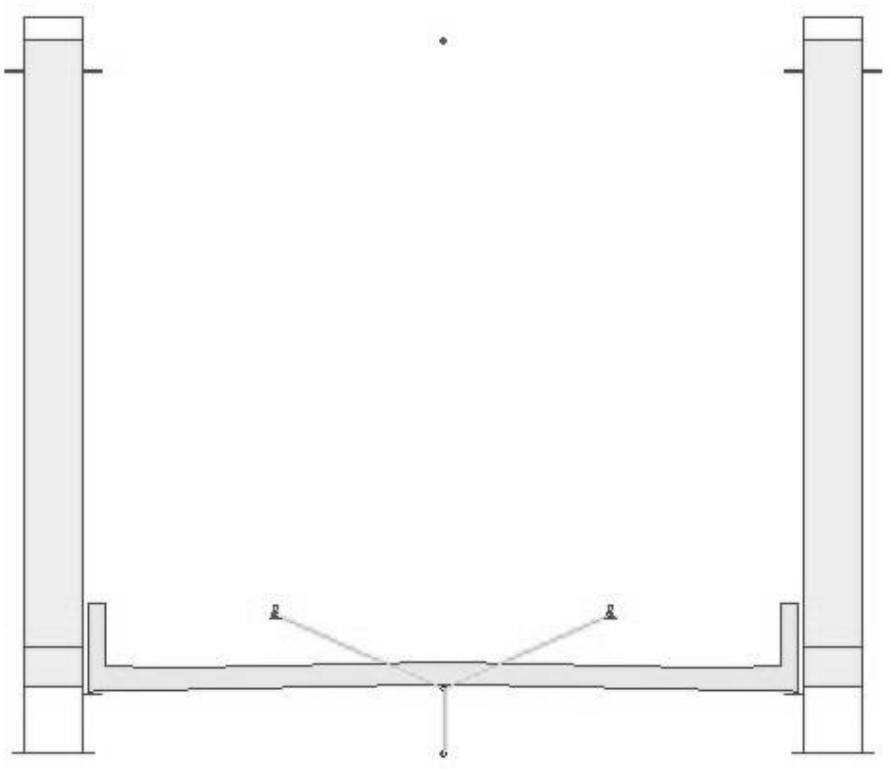
Сл. 9: Изглед прорачунског модела

Подужни пресек прорачунског модела



Сл. 10: Подужни пресек прорачунског модела

Попречни пресек прорачунског модела

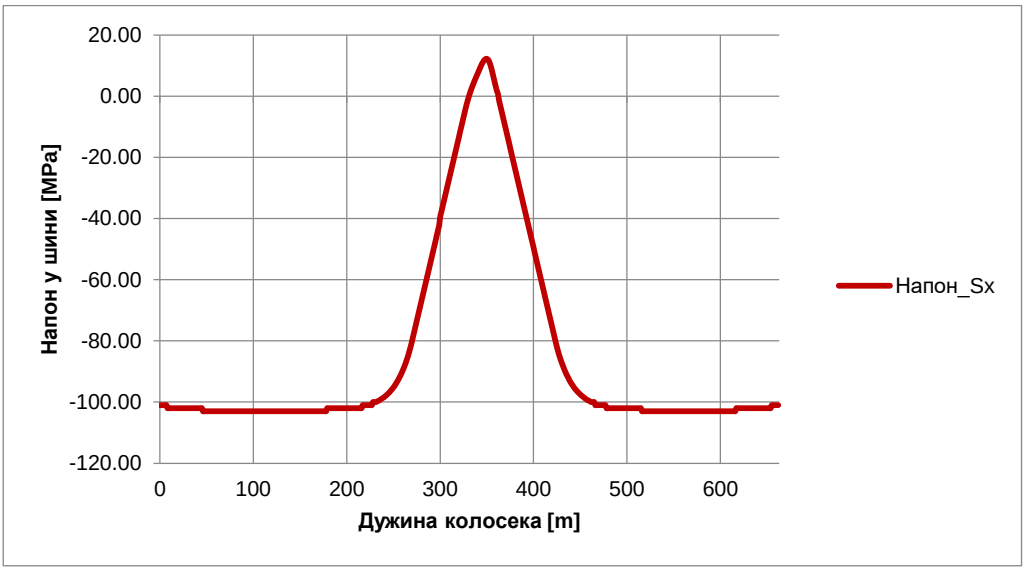


Сл. 11: Попречни пресек прорачунског модела са приказом еластичних веза са билинеарним понашањем између колосека и конструкције горњег строја моста

1.2.1.5 Прорачун интеракције колосек - мост за летње климатске услове

1) Напон у шини услед температурне промене у конструкцији горњег строја моста и континуално завареној шини

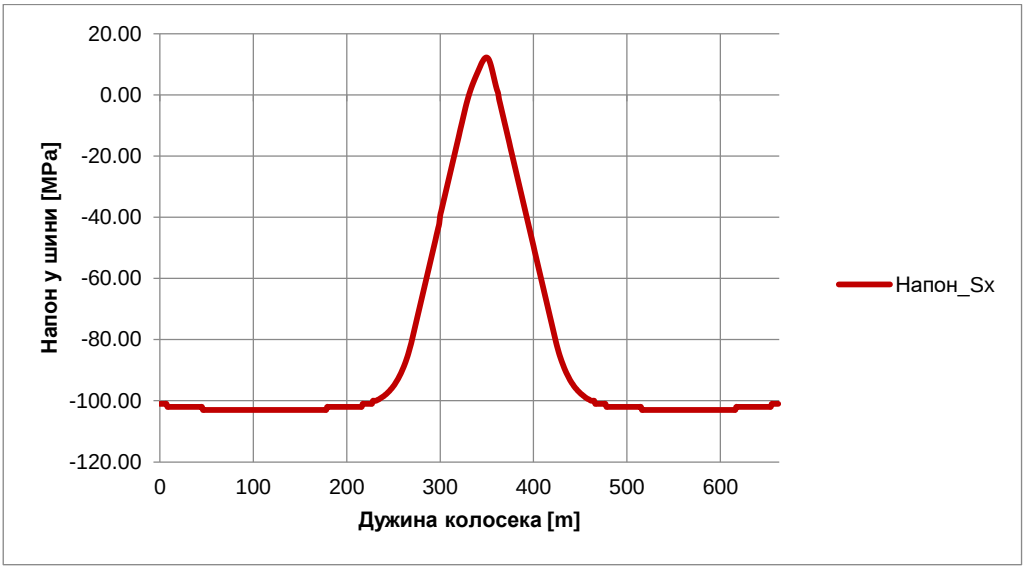
Леви колосек



Максимални напон притиска у шини = **-42,10 MPa (додатни напон притиска је једнак нули)**

Максимални напон затезања у шини = **0,00 MPa**

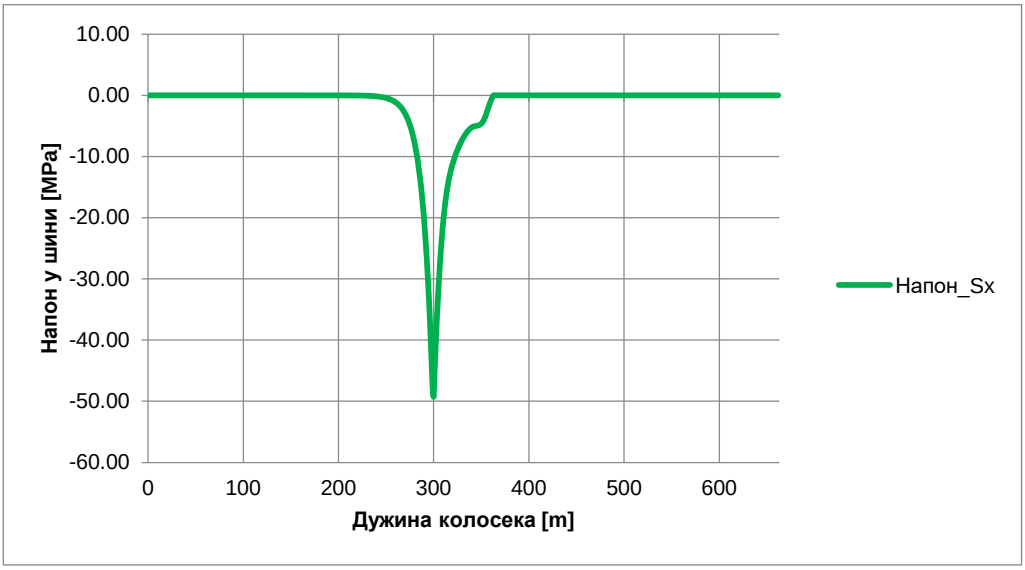
Десни колосек



Максимални напон притиска у шини = **-42,10 MPa (додатни напон притиска је једнак нули)**
Максимални напон затезања у шини = **0,00 MPa**

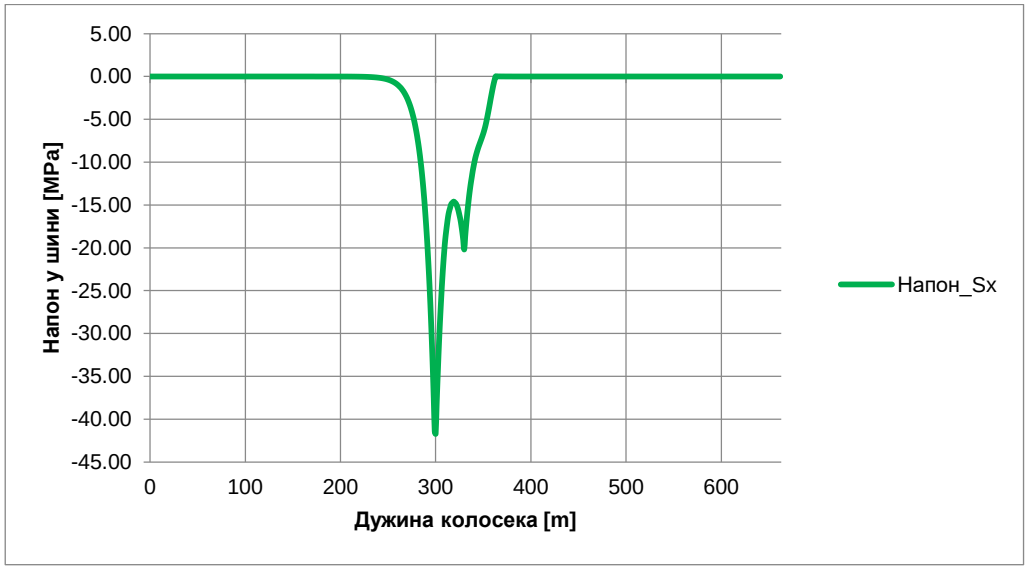
2) Напон у шини услед убрзања/кочења воза

Леви колосек (кочење воза)



Максимални напон притиска у шини = **-49,18 MPa**
Максимални напон затезања у шини = **0,00 MPa**

Десни колосек (убрзање воза)

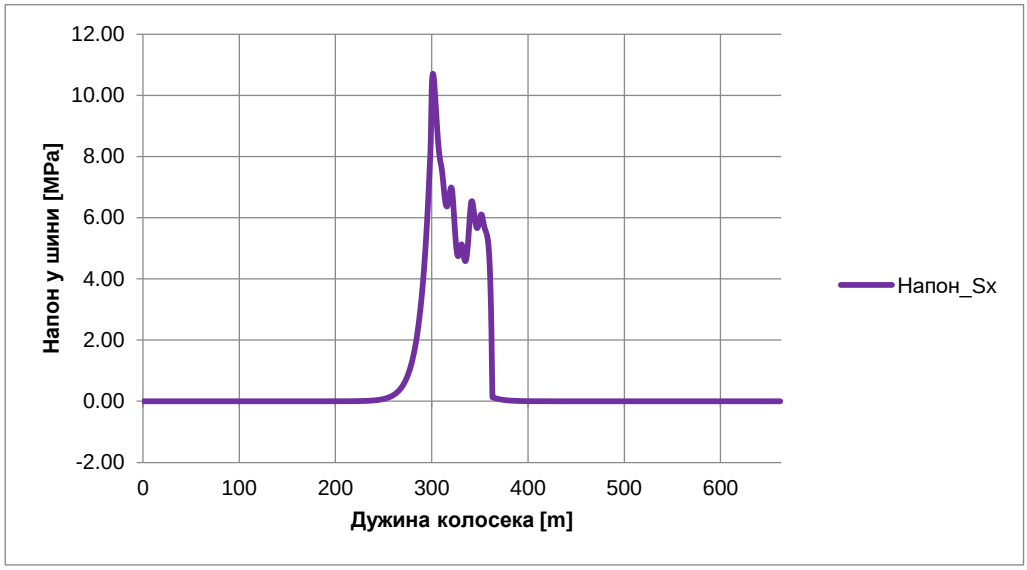


Максимални напон притиска у шини = **-41,70 MPa**

Максимални напон затезања у шини = **0,00 MPa**

3) Напон у шини услед савијања у вертикалној равни од воза

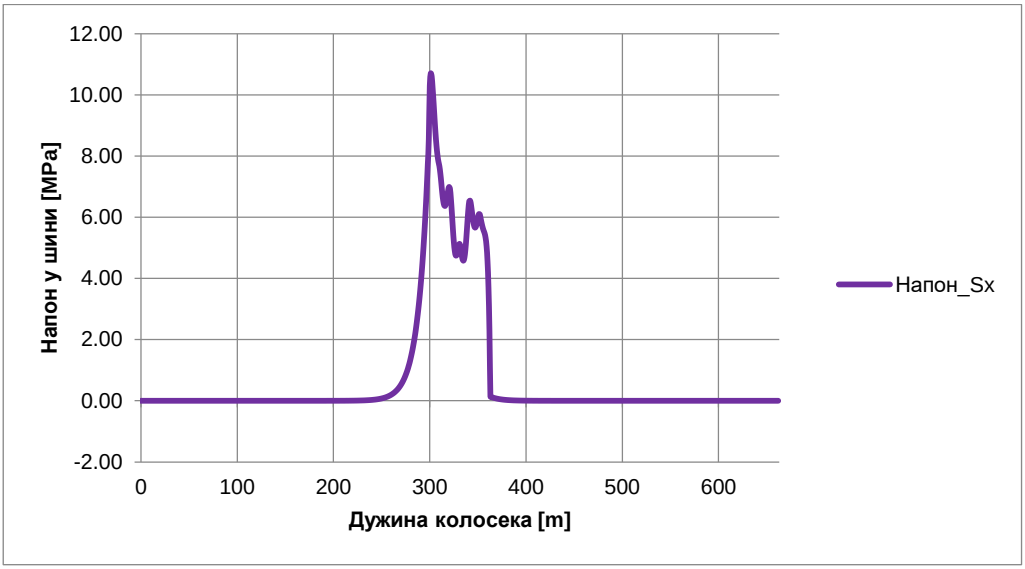
Леви колосек



Максимални напон притиска у шини = **0,00 MPa**

Максимални напон затезања у шини = **+10,66 MPa**

Десни колосек



Максимални напон притиска у шини = **0,00 MPa**

Максимални напон затезања у шини = **+10,66 MPa**

4) Напон у шини услед температурне промене у конструкцији горњег строја моста, убрзања/кочења воза и савијања у вертикалној равни од воза

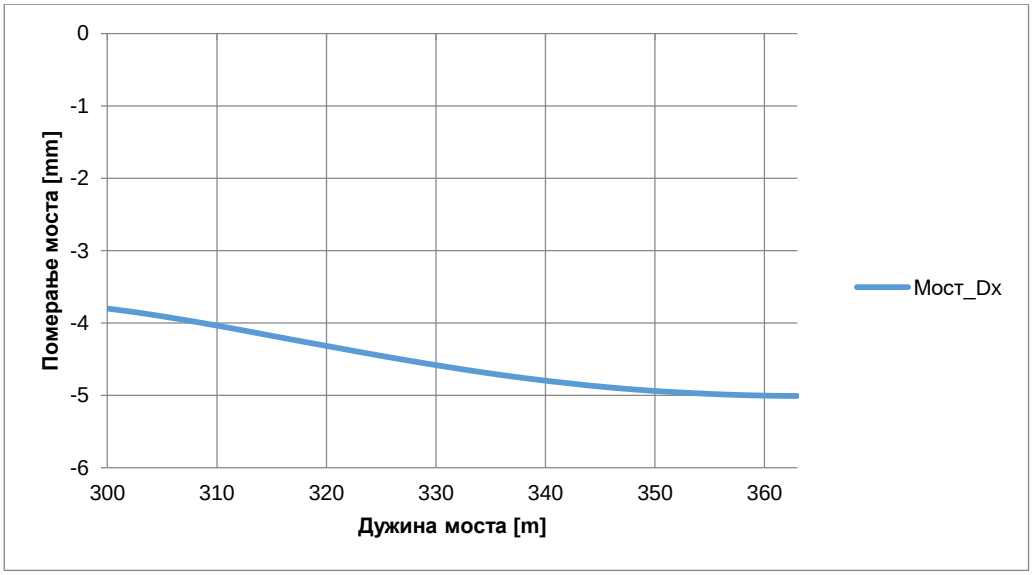
Леви колосек

Максимални напон притиска у шини = -**0,00-49,18-0,00 = -49,18 MPa ≤ -72,00 MPa**

Десни колосек

Максимални напон притиска у шини = **-0,00-41,70-0,00 = -41,70 MPa ≤ -72,00 MPa**

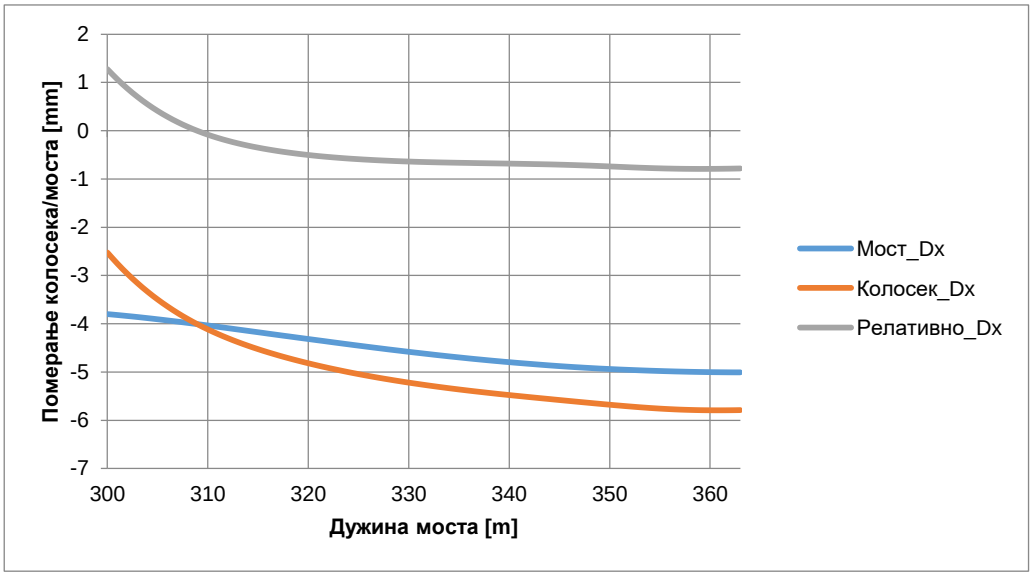
5) Апсолутно хоризонтално померање конструкције горњег строја моста услед убрзања/кочења воза



Максимално апсолутно хоризонтално померање конструкције горњег строја моста услед убрзања/кочења воза = **5,00 mm ≤ 5 mm**

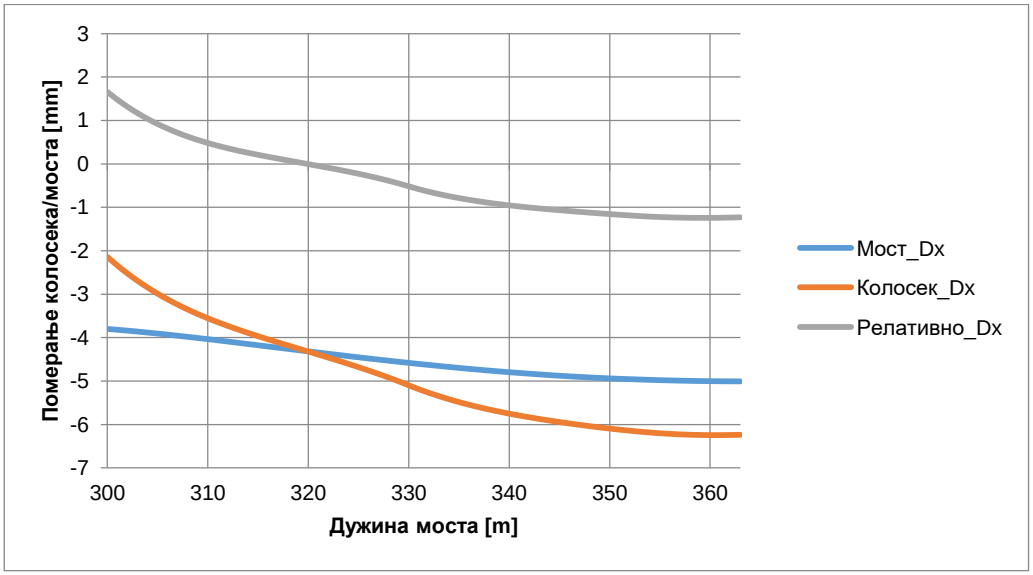
6) Релативно хоризонтално померање између шине и конструкције горњег строја моста услед убрзања/кочења воза

Леви колосек (кочење)



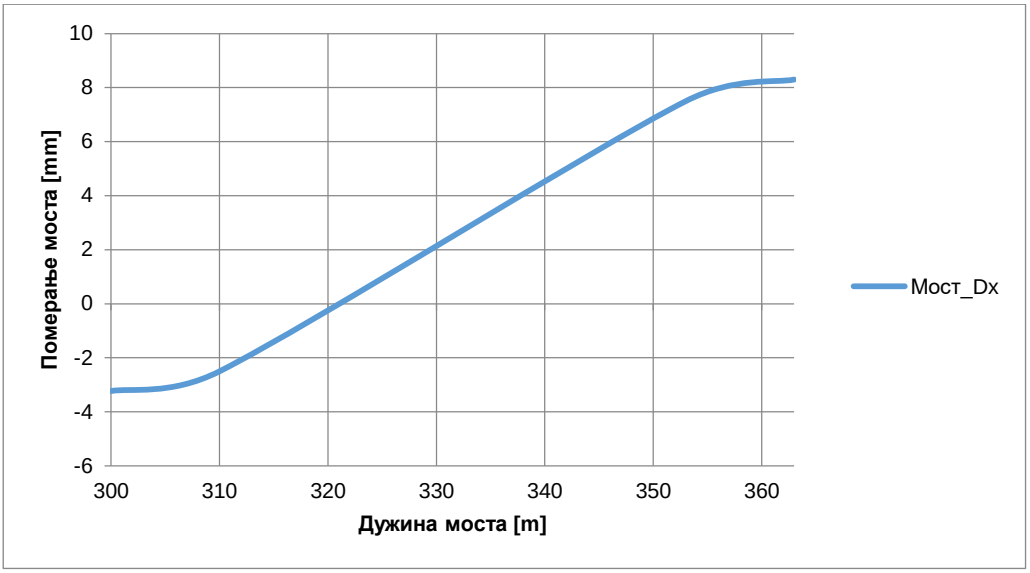
Максимално релативно хоризонтално померање између шине и конструкције горњег строја моста услед кочења воза = **1,28 mm ≤ 4 mm**

Десни колосек (убрзање)



Максимално релативно хоризонтално померање између шине и конструкције горњег строја моста услед убрзања воза = **1,66 mm ≤ 4 mm**

7) Хоризонтално померање услед заокретања крајева конструкције горњег строја моста под вертикалним оптерећењем од воза



Максимално хоризонтално померање услед заокретања крајева конструкције горњег строја моста под вертикалним оптерећењем од воза = **8,30 mm ≈ 8 mm**

1.2.1.6 Прорачун интеракције колосек - мост за зимске климатске услове

1) Напон у шини услед температурне промене у конструкцији горњег строја моста и континуално завареној шини

Леви колосек

Максимални напон притиска у шини = **0,00 MPa**

Максимални напон затезања у шини = **+58,80 MPa (додатни напон затезања је једнак нули)**

Десни колосек

Максимални напон притиска у шини = **0,00 MPa**

Максимални напон затезања у шини = **+58,80 MPa (додатни напон затезања је једнак нули)**

2) Напон у шини услед убрзања/кочења воза

Леви колосек (убрзање воза)

Максимални напон притиска у шини = **0,00 MPa**

Максимални напон затезања у шини = **+62,87 MPa**

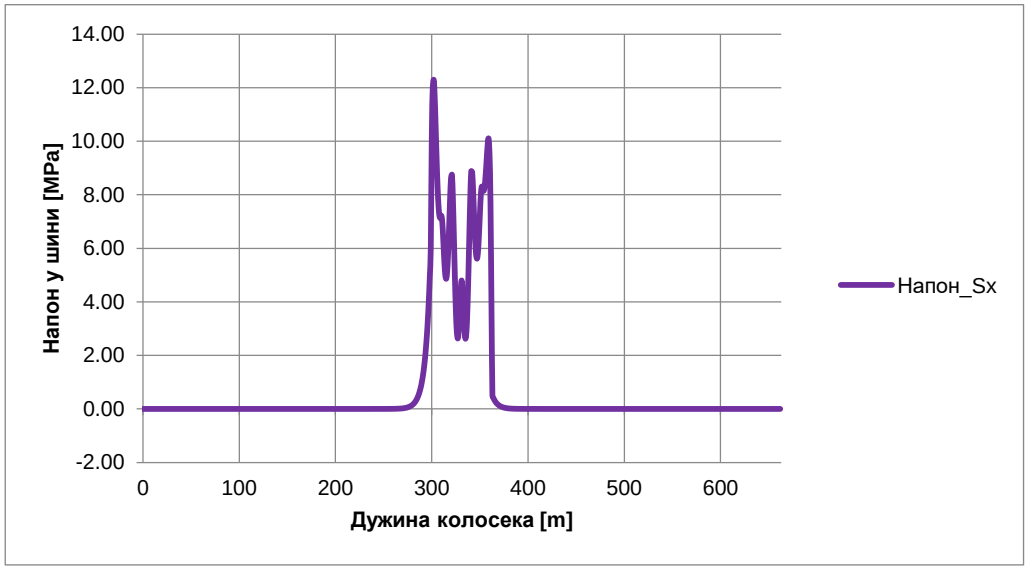
Десни колосек (кочење воза)

Максимални напон притиска у шини = **0,00 MPa**

Максимални напон затезања у шини = **+60,30 MPa**

3) Напон у шини услед савијања у вертикалној равни од воза

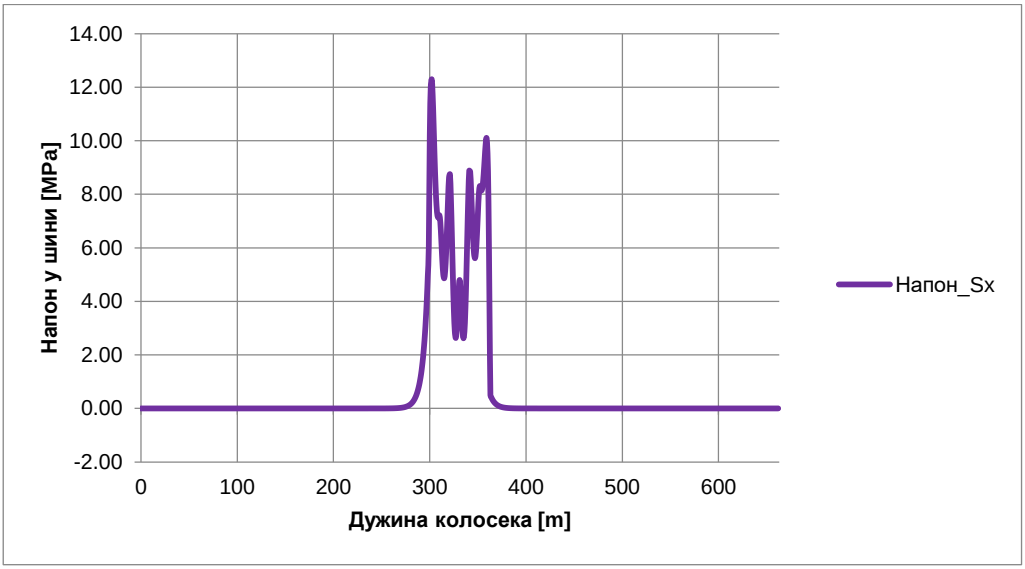
Леви колосек



Максимални напон притиска у шини = **0,00 MPa**

Максимални напон затезања у шини = **+12,32 MPa**

Десни колосек



Максимални напон притиска у шини = **0,00 MPa**

Максимални напон затезања у шини = **+12,32 MPa**

4) Напон у шини услед температурне промене у конструкцији горњег строја моста, убрзање/кочења воза и савијања у вертикалној равни од воза

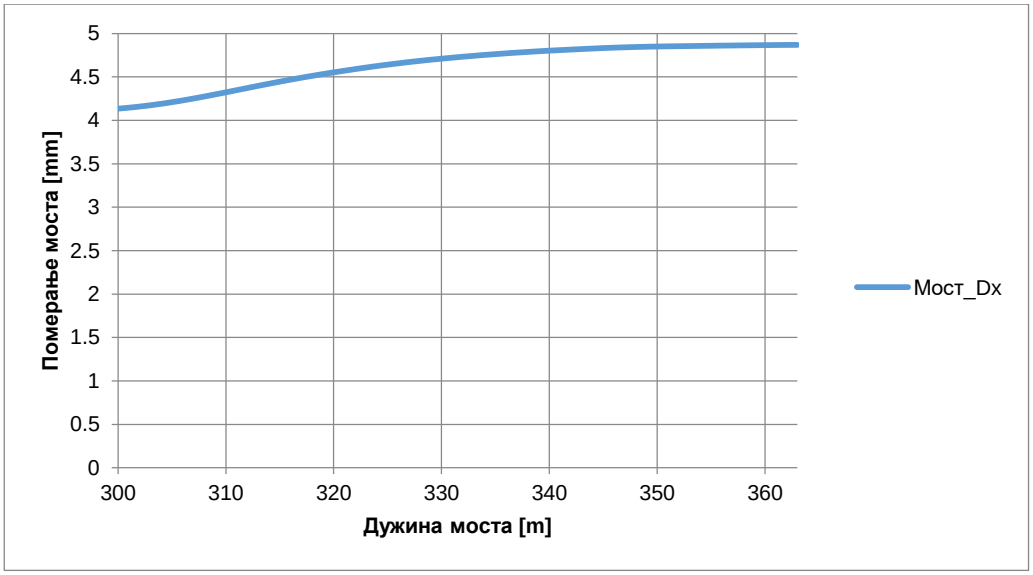
Леви колосек

Максимални напон затезања у шини = **+0,00+62,87+12,32 = <u>+75,19 MPa ≤ +92,00 MPa</u>**

Десни колосек

Максимални напон затезања у шини **= +0,00+60,30+12,32 = <u>+72,62 MPa ≤ +92,00 MPa</u>**

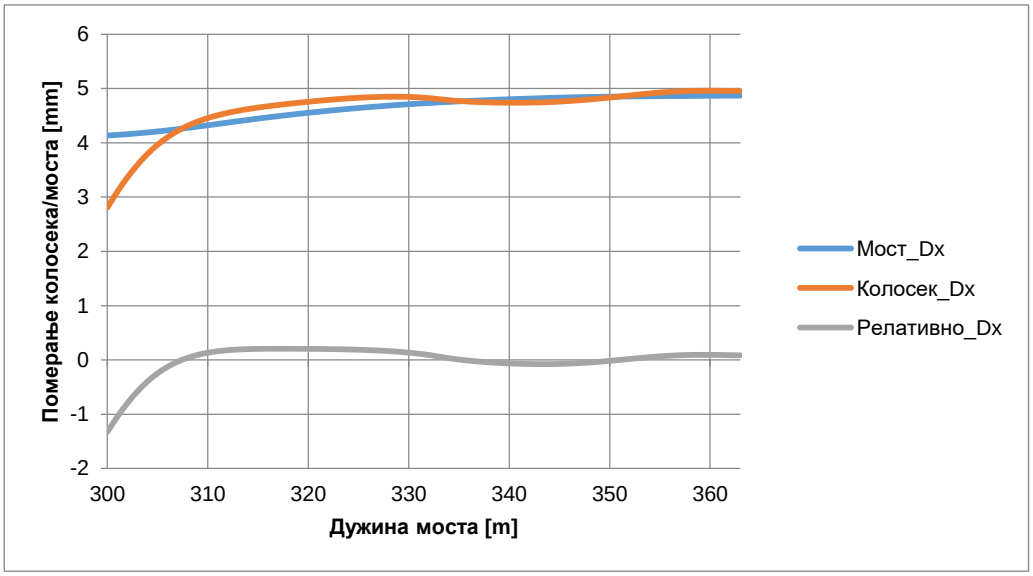
5) Апсолутно хоризонтално померање конструкције горњег строја моста услед убрзања/кочења воза



Максимално апсолутно хоризонтално померање конструкције горњег строја моста услед убрзања/кочења воза = **<u>4,90 mm ≤ 5 mm</u>**

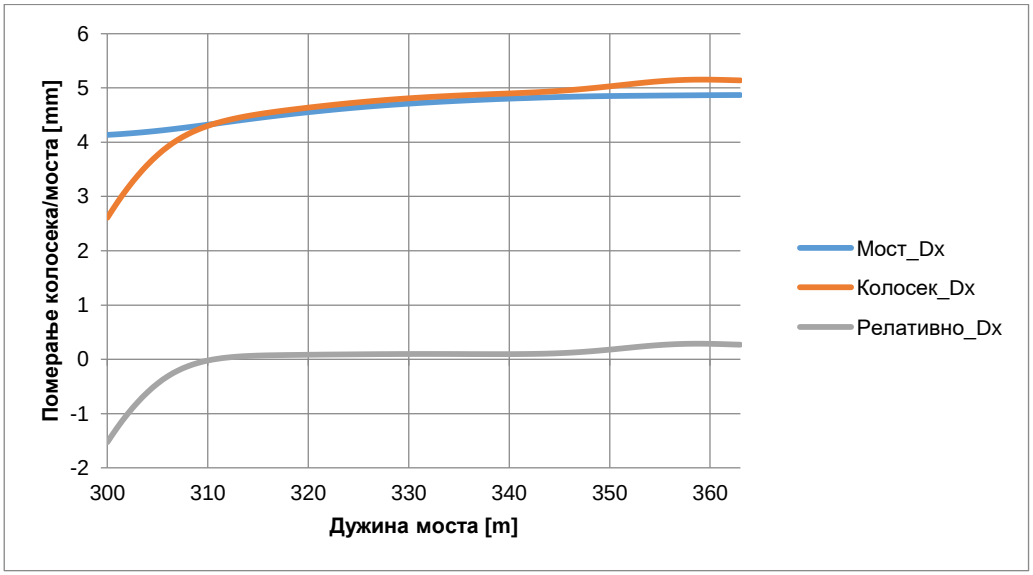
6) Релативно хоризонтално померање између шине и конструкције горњег строја моста услед убрзања/кочења воза

Леви колосек (убрзање)



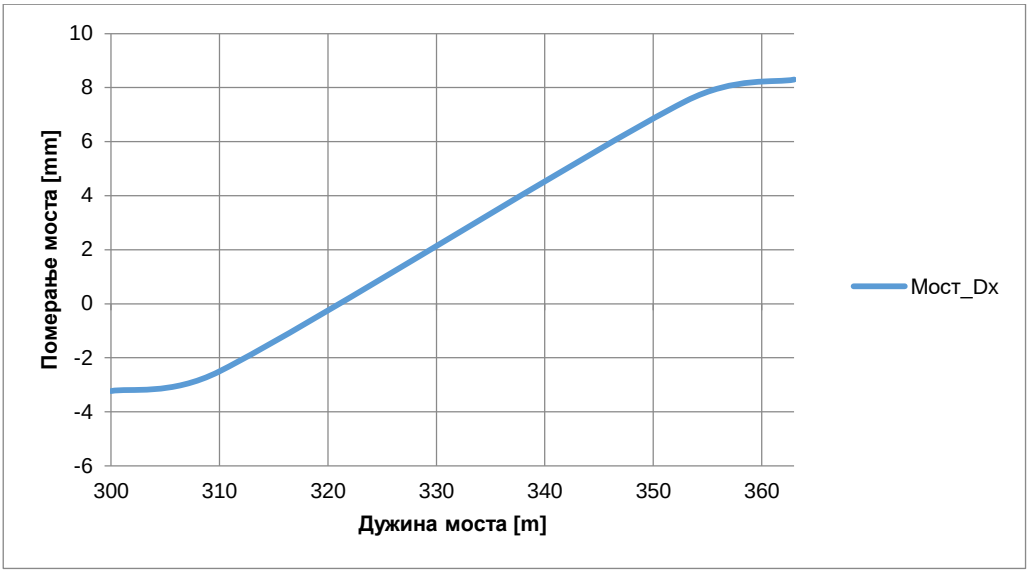
Максимално релативно хоризонтално померање између шине и конструкције горњег строја моста услед убрзања воза **= 1,33 mm ≤ 4 mm**

Десни колосек (кочење)



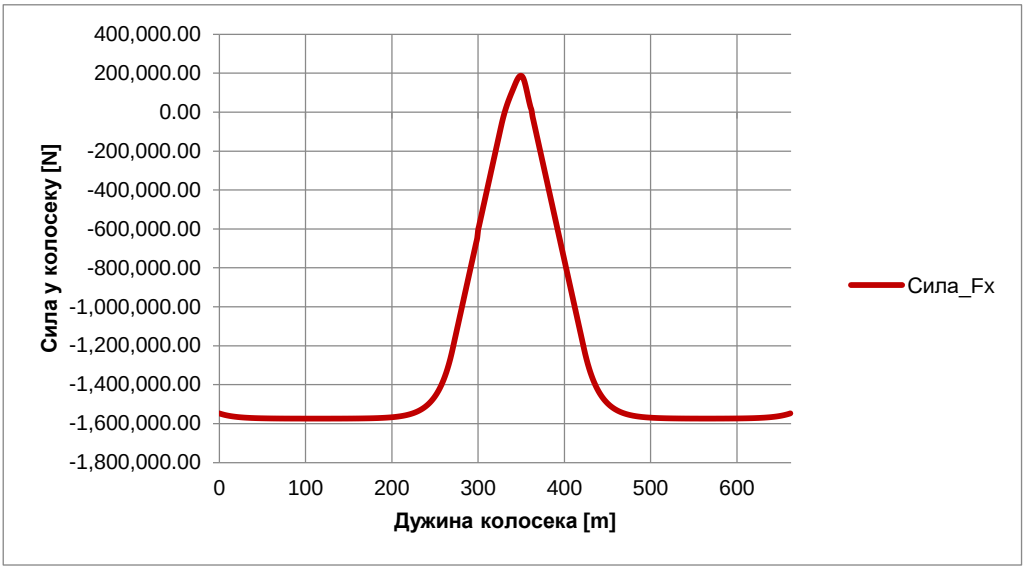
Максимално релативно хоризонтално померање између шине и конструкције горњег строја моста услед кочења воза = **1,53 mm ≤ 4 mm**

7) Хоризонтално померање услед заокретања крајева конструкције горњег строја моста под вертикалним оптерећењем од воза



Максимално хоризонтално померање услед заокретања крајева конструкције горњег строја моста под вертикалним оптерећењем од воза = **<u>8,26 mm ≈ 8 mm</u>**

1.2.1.7 Стабилност колосека у хоризонталној равни на мосту у летњим климатским условима

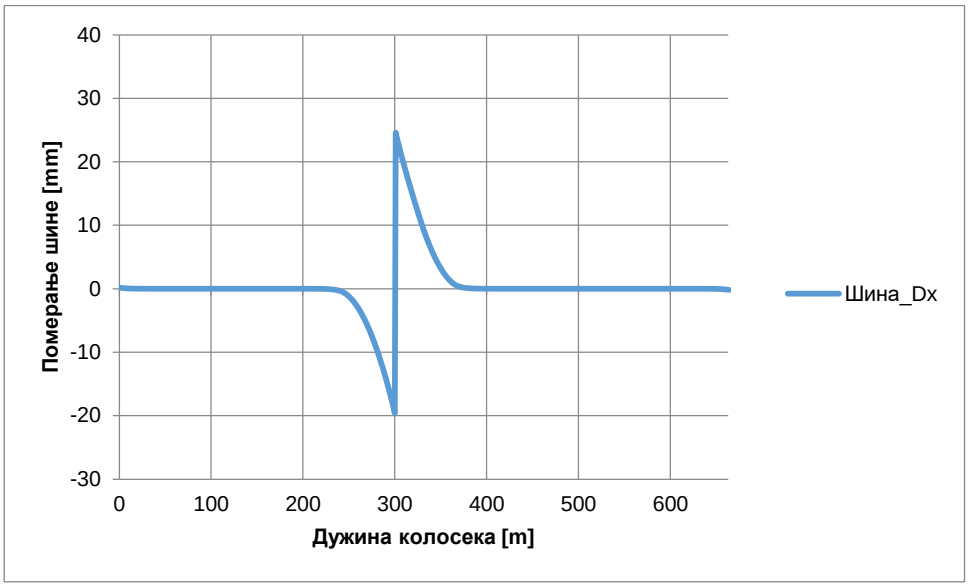


Максимална температурна сила притиска у колосеку на мосту у летњим климатским условима меродавна за прорачун стабилности колосека у хоризонталној равни = -1574260 N

Улазни параметри за прорачун стабилности колосека у хоризонталној равни на мосту при екстремним летњим климатским условима су у складу са поглављима 1.2.1.1, 1.2.1.2 и 1.2.1.3 као и резултатима прорачуна интеракције колосек/мост.

Провера стабилности колосека у хоризонталној равни спроведена је за максималну вредност силе притиска у колосеку -1574260 N, која се због уграђене дилатационе справе у колосеку на мосту јавља у прелазној зони са насипа на мост.

1.2.1.8 Величина зазора услед пуцања шине на мосту у зимским климатским условима

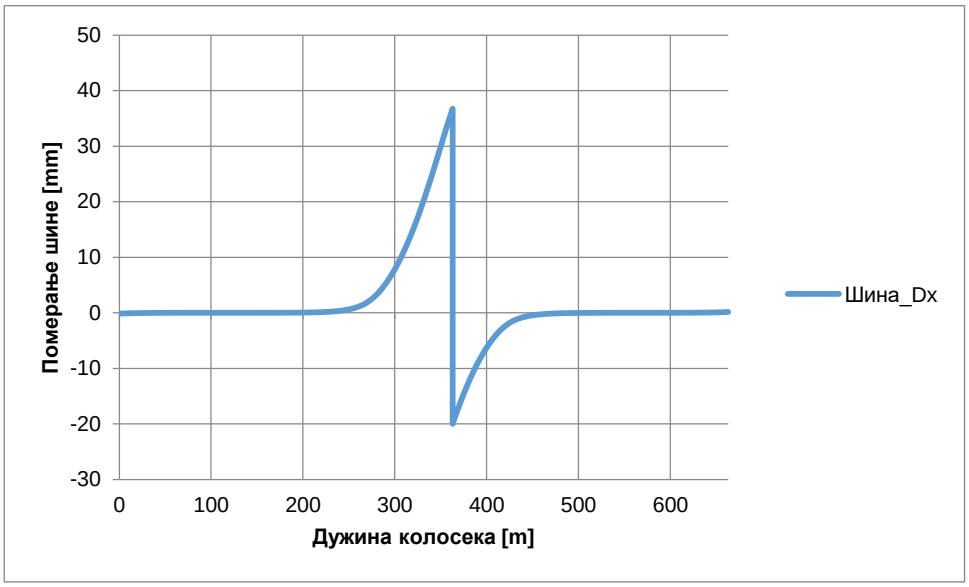


Максимална величина зазора услед пуцања шине на мосту у зимским климатским условима = **44,04 mm.**

1.2.1.9 Капацитет шинске дилатационе справе у колосеку на мосту

Дилатациона справа у колосеку је пројектована на стационажи km 110+382,55 у оба колосека.

Летњи климатски услови



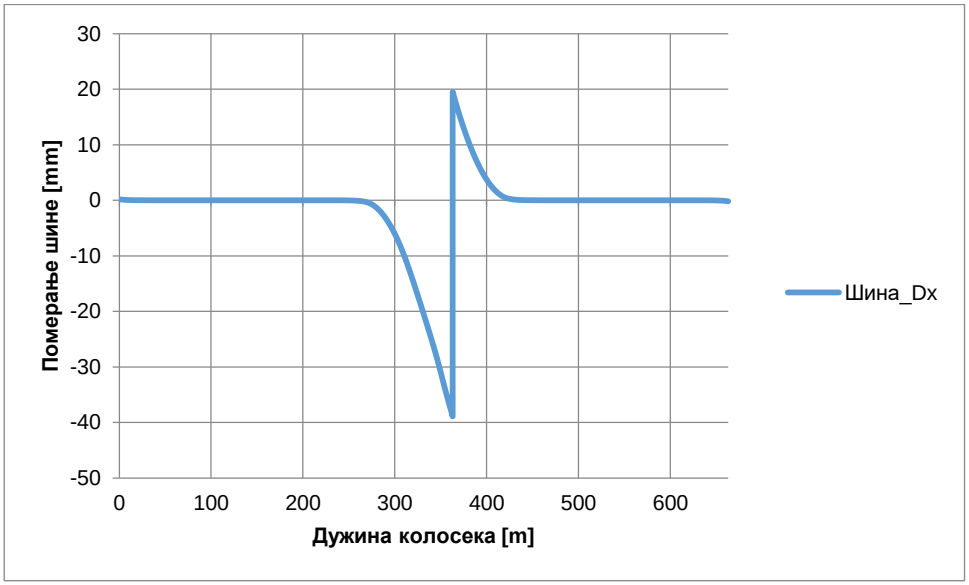
Максимално издужење шине на мосту у летњим климатским условима **= +36,74 mm**

Максимално издужење шине на мосту услед кочења/убрзања **= +6,24 mm**

Максимално издужење шине на мосту услед вертикалног оптерећења од воза **= +8,30 mm**

Укупно максимално издужење шине на мосту **=** 1,5 x (+36,74 + 6,24 + 8,30) **= +76,92 mm**

Зимски климатски услови



Максимална скраћење шине на мосту у зимским климатским условима **= -38,91 mm**

Максимално скраћење шине на мосту услед кочења/убрзања **= -5,14 mm**

Укупно максимално скраћење шине на мосту = 1,5 x (-38,91 - 5,14) **= -66,08 mm**

Захтева се уградња шинских дилатационих справа у оба колосека минималног капацитета **a = ±100 mm** на стационажи km 110+382,55. (Капацитет шинске дилатационе справе у колосеку је усклађен са прорачуном дилатирања мостовске конструкције у оквиру статичког прорачуна моста.)

Срачунао:
Зоран Луковић, дипл.грађ.инж.
лиценца број 310 3032 03

CONTENT

1.1 Textual documentation

1.1.1 Technical report

1.1.1.1 Results of the calculation of the track-bridge interaction
1.1.1.2 Results of checking the stability of the track in the horizontal plane on the bridge
1.1.1.3 Results of checking the size of the rail gap on the bridge
1.1.1.4 Technical measures to ensure safety in case of derailment of the vehicle on the bridge

1.2 Numerical documentation

1.2.1 Static calculation

1.2.1.1 Input calculation parameters of the load
1.2.1.2 Input calculation parameters of the track
1.2.1.3 Input calculation parameters of the bridge
1.2.1.4 Calculation model of track-bridge interaction
1.2.1.5 Calculation of track-bridge interaction for summer climatic conditions
1.2.1.6 Calculation of track-bridge interaction for winter climatic conditions
1.2.1.7 Track stability in the horizontal plane on the bridge in summer climatic conditions
1.2.1.8 Size of the rail gap on the bridge in winter climatic conditions
1.2.1.9 Capacity of the rail expansion device in the track on the bridge

1.1 Textual documentation

1.1.1 Technical report

The calculation of the track-bridge interaction for the purpose of arranging the railway superstructure on the bridge at km 110+351,21 was performed in accordance with the requirements of the Technical Specifications of Interoperability for Infrastructure Subsystem (INF TSI).

Input design load parameters are harmonized with: Technical Specifications of Interoperability for Infrastructure Subsystem, as well as Serbian standards SRPS EN 1991-1-5, SRPS EN 1991-1-5/NA, SRPS EN 1991-2, SRPS EN 1991-2/NA.

In this sense, considered the following load due to:

- relevant temperature changes in the axis of the bridge deck and continuously welded rails,
- vertical load of the vehicle in accordance with the load scheme LM 71, SW/0, SW/2.
- horizontal load due to acceleration and/or braking of the vehicle.

All input calculation data in accordance with the bridge structure, railway superstructure, as well as railway vehicles are shown in Chapters 1.2.1.1, 1.2.1.2 and 1.2.1.3. In accordance with design speed of 200 km/h, a static calculation of the track-bridge interaction was performed. The calculation was performed using an integral model of track and bridge structures, with consideration of:

- bridge parameters: bridge disposition (static system, span, expansion length), geometrical characteristics of the bridge superstructure, stiffness and arrangement of bearings,
- track parameters: rail cross-section and rail steel quality, resistance to longitudinal displacement of unloaded and loaded track, taking into account bilinear behavior,
- load parameters: temperature change in the bridge superstructure, temperature changes in the continuously welded rails, acceleration/braking of vehicles, displacement and rotation of the ends of the bridge superstructure due to traffic load.

The connection between the track and the bridge superstructure was modeled using elastic connections with bilinear behavior. The horizontal stiffness of the supporting elements is defined in the model based on UIC 774-3 recommendations and standard SRPS EN 1991-2. In this way, the influences in the rails are obtained, which are relevant for comparison with the allowed additional stresses, proving the stability of the track in the horizontal plane for maximum summer temperatures, as well as gap size due to rail cracking for maximum winter temperatures. The calculation model takes into account the track with continuously welded rails at the length of the bridge and 300 m before and after the bridge, which corresponds to the maximum influential braking length of the vehicle. The layout of the calculation model is shown in Figures 9-11. A detailed description of the model characteristics is presented in Chapter 1.2.1.4.

1.1.1.1 Results of the calculation of the track-bridge interaction

Horizontal reactions on one (of a total of two) fix bridge bearing on the abutment due to the track-bridge interaction:

Type of load	Summer climatic conditions	Winter climatic conditions
Temperature change in axis of the bridge and continuously welded rails	**-216,40 kN**	**+311,10 kN**
Acceleration + Braking the train	**±559,45 kN**	**±455,85 kN**
Vertical load from the train	**+161,25 kN**	**+180,30 kN**
Note 1: The positive direction of the reaction corresponds to the direction of growth of the chainage. Note 2: The combined effect of temperature force, acceleration + braking force and the corresponding vertical load from the train is taken to dimensioning the bridge bearings and piers.		

Maximum additional compressive and tensile stresses in continuously welded rails:

Type of load	Left track	Right track
Summer climatic conditions		
Temperature change in axis of the bridge and continuously welded rails	0,00 MPa	0,00 MPa
Acceleration /Braking	-49,18 MPa	-41,70 MPa
Vertical load from the train	0,00 MPa	0,00 MPa
Total additional compressive/tensile stresses in the relevant sections of the continuously welded rail	**-49,18 MPa ≤ -72 MPa**	**-41,70 MPa ≤ -72 MPa**
Winter climatic conditions		
Temperature change in axis of the bridge and continuously welded rails	0,00 MPa	0,00 MPa
Acceleration /Braking	+62,87 MPa	+60,30 MPa
Vertical load from the train	+12,32 MPa	+12,32 MPa
Total additional compressive/tensile stresses in the relevant sections of the continuously welded rail	**+75,19 MPa ≤ +92 MPa**	**+72,62 MPa ≤ +92 MPa**
Note 1: Pressure stresses with sign (-), tensile stresses with sign (+)		

Maximum absolute and relative displacements of the track and the bridge superstructure:

Type of displacement	Summer climatic conditions	Winter climatic conditions
Absolute horizontal displacement of the bridge superstructure due to acceleration/braking of the train	**5,00 mm ≤ 5 mm**	**4,90 mm ≤ 5 mm**
Relative horizontal displacement between the rail and the bridge superstructure due to acceleration/braking of the train	**1,28 mm ≤ 4 mm (braking)** **1,66 mm ≤ 4 mm (acceleration)**	**1,33 mm ≤ 4 mm (acceleration)** **1,53 mm ≤ 4 mm (braking)**
Horizontal displacement due to rotating of the bridge ends under the vertical load from the train	**8,30 mm ≈ 8mm**	**8,26 mm ≈ 8mm**

1.1.1.2 Results of checking the stability of the track in the horizontal plane on the bridge

Input parameters for checking the stability of the track in the horizontal plane on the bridge at extreme summer temperatures in the rails and the bridge superstructure were adopted in accordance with Chapter 1.2.1.7 and based on the results of the calculation of the track-bridge interaction.

Checking the stability of the track in the horizontal plane was carried out for the maximum value of the pressure force in the track -1574260 N, which occurs in the transition zone from the embankment to the bridge due to the built-in expansion device in the tracks on the bridge.

1.1.1.3 Results of checking the size of the rail gap on the bridge

The calculation was performed under the assumption that the maximum longitudinal resistance during elastic displacement of the rail through the system of elastic rail fastening is 30 kN/m, which corresponds to the force of longitudinal resistance 9 kN.

The calculated value of the rail gap in winter conditions is approximately 44,04 mm.

1.1.1.4 Technical measures to ensure safety in case of derailment of the vehicle on the bridge

- The guard rails, to keep trains on the track in the event of derailment, must be installed, as they can provide safety at speeds up to 160 km/h. The role of the guard rails is to keep the vehicle on track if it derailment on the bridge. In that way, the structure of the bridge is protected from damage and other negative consequences of derailment are reduced (for example. the vehicle fell off the bridge after derailment). Guard rails are mounted on sleepers with a flat upper surface. Guard rails are extended by 10 m to the embankments before and after the bridge and are connected in the middle of the track.Since V_p = 200 km/h, it is necessary to ensure that the curb upper edge of the concrete bridge deck is 25 cm above the upper edge of the sleeper.

1.2 Numerical documentation

1.2.1 Static calculation

1.2.1.1 Input calculation parameters of the load

Input calculation parameters of load are harmonized with: Technical specifications of interoperability for subsystem of infrastructure, as well as Serbian standards SRPS EN 1991-1-5, SRPS EN 1991-1-5/NA, SRPS EN 1991-2, SRPS EN 1991-2/NA.

Temperature:

- temperature change in continuously welded rails in summer climatic conditions: +42,5 K,
- temperature change in continuously welded rails in winter climatic conditions: -52,5 K,
- temperature change in the bridge superstructure in summer climatic conditions: +49 K,
- temperature change in the bridge superstructure in winter climatic conditions: -44 K.

Vertical load from the train:

- LM71

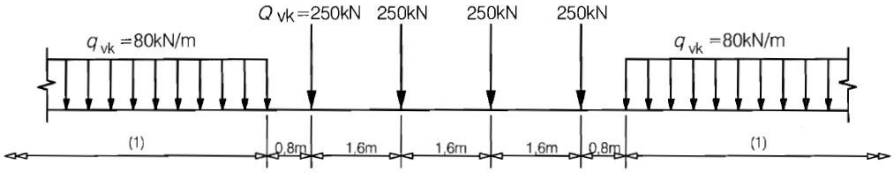
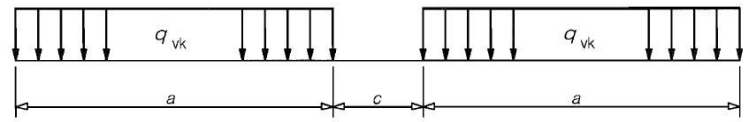


Fig. 2: Load model LM71 (α=1,21)

- SW/0, SW/2



Load Model	q_{vk} [kN/m]	a [m]	c [m]
SW/0	133	15,0	5,3
SW/2	150	25,0	7,0

Fig. 3: Load model SW/0, SW/2 (α=1,21 for SW/0)

Horizontal load from train acceleration/braking LM71, SW/0, SW/2:

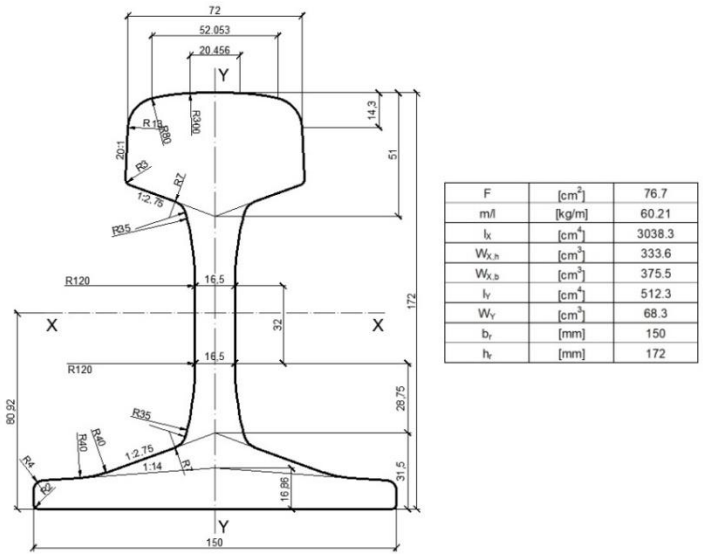
- train acceleration force 33 kN/m (≤1000 kN) for LM71, SW/0, SW/2 (α=1,21 for LM71, SW/0),
- train braking force 20 kN/m (≤6000 kN) for LM71, SW/0 (α=1,21),
- train braking force 35 kN/m for SW/2.

1.2.1.2 Input calculation parameters of the track

The input calculation parameters of the track are harmonized with: Serbian standards SRPS EN 13146-1, SRPS EN 13230 - parts 1 and 2, SRPS EN 13231, SRPS EN 13450, SRPS EN 13481 - parts 1 and 2, SRPS EN 13674-1, SRPS EN 1991-2, Law on the Safety of Railway Transport and Interoperability, as well as the Rulebook on Technical Conditions and Maintenance of the Railway Superstructure.

Rail

- rail cross-section 60E1 (tensile strength of steel 900 N/mm^2) in accordance with SRPS EN 13674-1,
- Young's modulus of elasticity of rail steel E=210 GPa,
- allowable additional tensile stress in rail foot 92 MPa in accordance with SRPS EN 1991-2,
- permissible additional pressure stress in rail 72 MPa in accordance with SRPS EN 1991-2,
- thermal expansion coefficient of rail steel α=1,15x10^{-5} 1/K.



F	[cm^2]	76.7
m/l	[kg/m]	60.21
I_X	[cm^4]	3038.3
$W_{X,h}$	[cm^3]	333.6
$W_{X,b}$	[cm^3]	375.5
I_Y	[cm^4]	512.3
W_Y	[cm^3]	68.3
b_r	[mm]	150
h_r	[mm]	172

Fig. 4: Rail cross-section 60E1 with geometric characteristics

Elastic rail fastening systems

For concrete sleepers in accordance with a series of Serbian standards SRPS EN 13481 - parts 1 and 2 and SRPS EN 13146-1.

- minimum longitudinal resistance to rail displacement ≥ 7 kN (calculated with 9 kN) in accordance with SRPS EN 13674-1,

Mono block prestressed concrete sleepers with a flat top surface

In accordance with a series of Serbian standards SRPS EN 13481-2 and SRPS EN 13230 - parts 1 and 2.

- minimum sleeper mass 281 kg without rail fastening,
- sleeper length 260 cm,
- longitudinal axial distance between sleepers 60 cm,
- minimum active backing surface of sleeper on ballast 0,57 m^2.

Rail expansion device

Rail expansion device is projected at km 110+382.55 in both tracks.

Ballast prism of gravel

In accordance with a series of Serbian standards SRPS EN 13450 with the dimensions of the ballast prism according to SRPS EN 13231.

- the minimum thickness of the ballast prism on the bridge below the lower edge of the sleeper in the cross-section below the rail 35 cm,
- width of the shoulder part of the ballast prism on the concrete deck of the bridge > 50 cm,
- resistance of the ballast prism to the longitudinal displacement of the unloaded track k=20 kN/m in accordance with SRPS EN 1991-2,
- resistance of the ballast prism to the longitudinal displacement of the loaded track k=60 kN/m in accordance with SRPS EN 1991-2.

1.2.1.3 Input calculation parameters of the bridge

The input design parameters of the bridge are defined in accordance with the characteristics of the bridge structure.

- the bridge is a simple beam static system L=63 m,
- the bridge superstructure consists of a steel truss structure with a coupled concrete deck on the lower chord of the truss,
- steel truss structure is constructed from steel grade S355,
- concrete deck is made of concrete class C35/45,
- the support of bridge superstructure on the abutments is done over 8 bearings, 4 on both abutments,
- the required minimum longitudinal (horizontal) stiffness of the supports of bridge superstructure due to acceleration/braking train is ≥ 300000 kN/m,
- the expansion length of the bridge is L_T=63 m,
- straight bridge,

- on the bridge there is a two-track railway designed for speed V_p=200 km/h,
- the maximum permissible longitudinal relative displacement between the continuously welded rail and the bridge superstructure due to acceleration/braking of the train is ≤ 4 mm,
- the maximum permissible longitudinal absolute displacement of the bridge superstructure due to acceleration/braking of the train is ≤ 5 mm,
- the maximum permissible longitudinal displacement of the bridge superstructure due to the rotation of the ends of the bridge superstructure under the vertical load from the train is ≤ 8 mm.

Longitudinal section

Fig. 5: Longitudinal section of the bridge on km 110+351,21

Cross-section

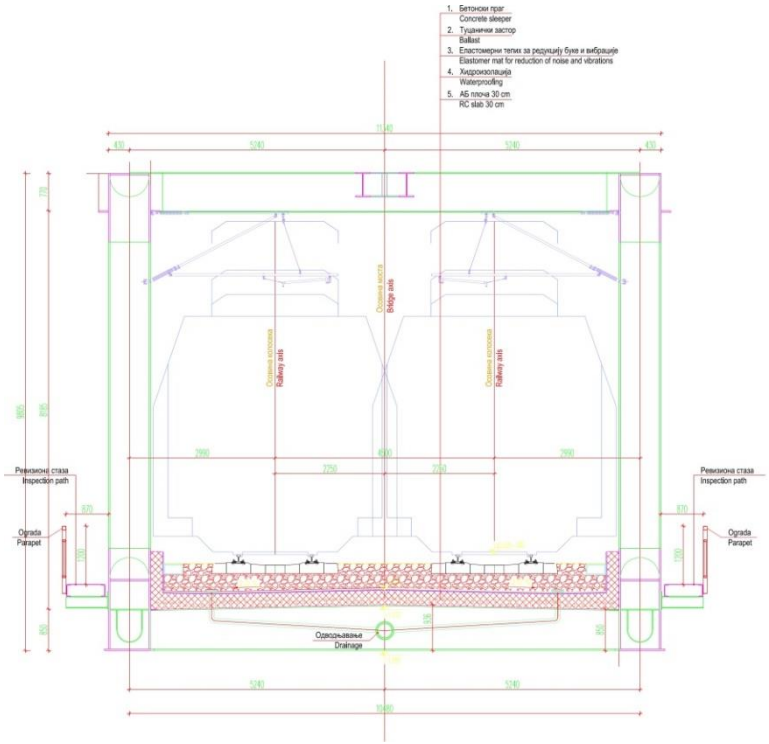


Fig. 6: Cross-section of the bridge on km 110+351,21

Bearing scheme

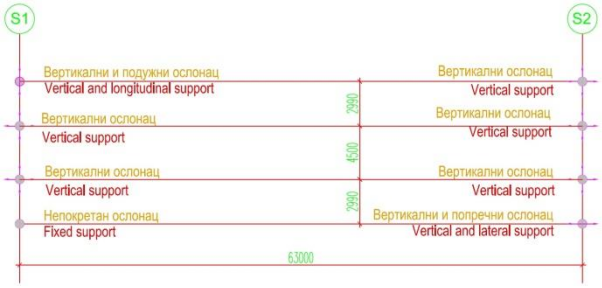
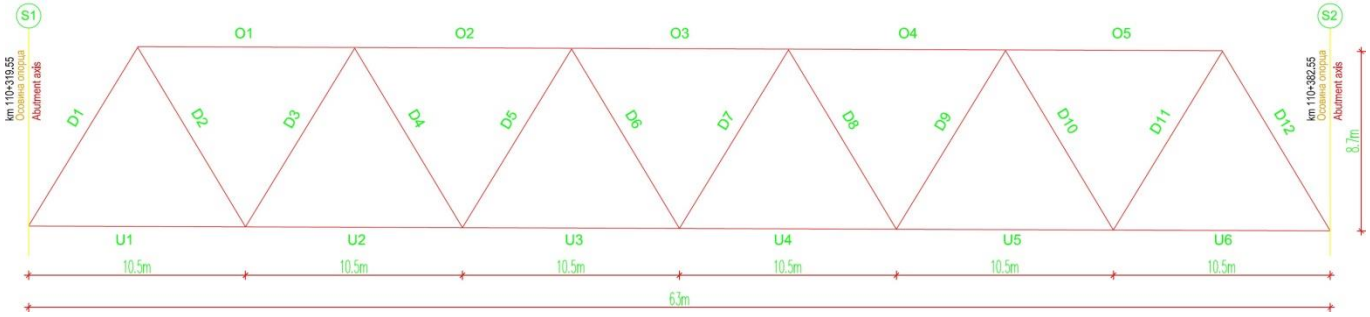


Fig. 7: Bearing scheme of bridge on km 110+351,21

Geometrical characteristics of elements bridge superstructure

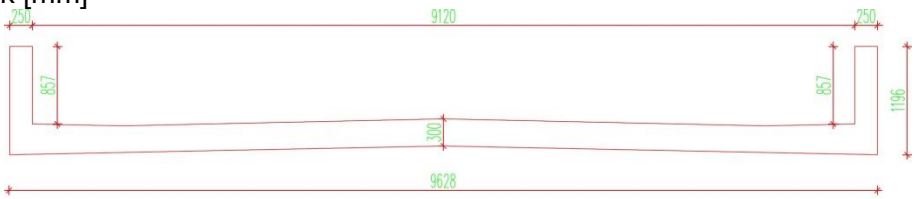
Steel truss structure with coupling concrete deck:



- Elements of steel truss structure [mm]

ГЛАВНИ НОСАЧ / MAIN GIRDER				
Доњи појас / Bottom cord	ЕЛЕМЕНТ / ELEMENT	ЕЛЕМЕНТ ПОПРЕЧНИ ПРЕСЕК / ELEMENT CROSS-SECTION U1, U2, U5, U6	ЕЛЕМЕНТ ПОПРЕЧНИ ПРЕСЕК / ELEMENT CROSS-SECTION U3, U4	МАТЕРИЈАЛ / MATERIAL
	ГОРЊА ФЛАНША b1xt1 / TOP FLANGE b1xt1	800x20	800x25	t≤20mm: S355 J2+Z15 20<t≤35mm: S355 J2+Z25 t>35mm: S355 K2+Z25
	ДОЊА ФЛАНША b2xt2 / BOTTOM FLANGE b2xt2	1100x15	1100x20	
	РЕБРА hwxtw / WEBS hwxtw	1430x15	1430x20	
	ПОДУЖНА УКРУЋЕЊА РЕБАРА / WEBS LONGITUDINAL STIFFENERS	250x20	250x20	
Горњи појас / Top cord	ЕЛЕМЕНТ / ELEMENT	ЕЛЕМЕНТ ПОПРЕЧНИ ПРЕСЕК / ELEMENT CROSS-SECTION O1, O5	ЕЛЕМЕНТ ПОПРЕЧНИ ПРЕСЕК / ELEMENT CROSS-SECTION O2, O3, O4	
	ГОРЊА ФЛАНША b1xt1 / TOP FLANGE b1xt1	800x30	800x40	
	ДОЊА ФЛАНША b2xt2 / BOTTOM FLANGE b2xt2	250x30	250x40	
	РЕБРА hwxtw / WEBS hwxtw	730x25	730x25	
Дијагонале / Diagonals	ЕЛЕМЕНТ / ELEMENT	ЕЛЕМЕНТ ПОПРЕЧНИ ПРЕСЕК / ELEMENT CROSS-SECTION		
		D1, D12	D2, D11	D3, D10	D4, D9	D5 - D8
	ФЛАНША bfxtf / FLANGE bfxtf	750x40	700x30	650x25	550x20	550x15
	РЕБРА hwxtw / WEBS hwxtw	800x30	800x15	800x15	800x15	800x10

- Concrete deck [mm]



Material characteristics of the elements bridge superstructure

All elements of the steel truss structure are made of steel grade S355 with the following characteristics:

Steel grade S355:

- $E=2,1x10^{8}$ kN/m^2
- v=0,3
- $\alpha=1,2x10^{-5}$ 1/C
- $\rho=76,98$ kN/m^3

Concrete deck is made of concrete class C35/45 with the following characteristics:

Concrete class C35/45:

- $E= 3,4077x10^{7}$ kN/m^2 ($Er=9,33x10^{6}$ kN/m^2 - reduced value of cracked concrete with reinforcement)
- v=0,2
- $\alpha=1,0x10^{-5}$ 1/C
- $\rho=25,00$ kN/m^3

Steel reinforcement in the concrete is grade B500B:

Steel reinforcement grade B500B:

- $E=2,1x10^{8}$ kN/m^2
- v=0,3
- $\alpha=1,2x10^{-5}$ 1/C
- $\rho=78,00$ kN/m^3

1.2.1.4 Calculation model of track-bridge interaction

Based on the calculation of the track-bridge interaction, the influences are obtained in the following form:

- longitudinal forces in supports (reactions of fixed supports),
- additional stresses in rails,
- absolute and relative displacements of the rails and the bridge superstructure.

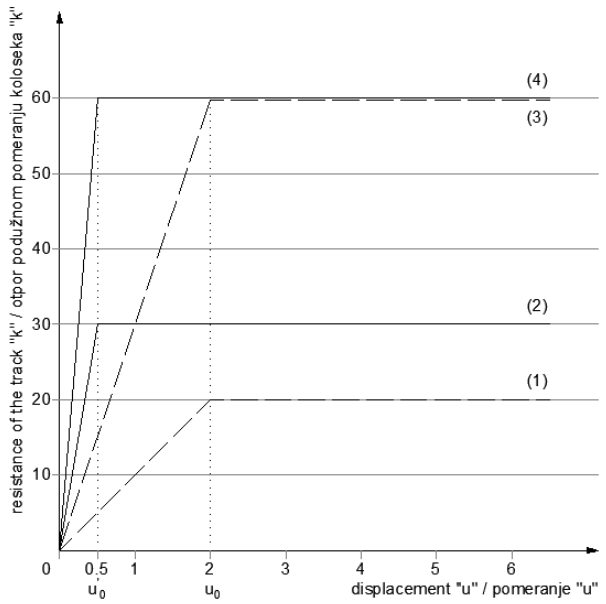
Influences due to interaction are determined iteratively, by a series of nonlinear simulations, in order to determine the behavior of the track-bridge system, due to temperature changes in the bridge superstructure, vertical load from the train and longitudinal forces due to train acceleration/braking.

The calculation of the track-bridge interaction is carried out using an integral model of track and bridge structure taking into account:

- bridge parameters: bridge disposition (static system, spans, expansion lengths), geometrical characteristics of the bridge superstructure, stiffness of structure and arrangement of supports,
- track parameters: rail cross-section and rail steel quality, resistance to longitudinal displacement of loaded and unloaded track, taking into account the bilinear behavior of the track-bridge connection,
- load parameters: temperature changes in the bridge superstructure and rails, acceleration and braking of the train, displacement and rotating the ends of the bridge super structure due to traffic load.

The connection between the track elements and the bridge superstructure elements was modeled by means of elastic connections with bilinear behavior in accordance with the Serbian standard SRPS EN 1991-2 (Figure 8).

The model adopts the horizontal stiffness of the fixed support, which corresponds to the real displacement of the bridge superstructure due to acceleration/braking the train. In this way, the influences in the rails are obtained, which are relevant for the analysis of the allowed additional stresses and track stability in the horizontal plane at maximum summer temperature, as well as the size of the gap when the rail cracks at maximum winter temperature. The calculation model takes into account the track with continuously welded rails at a length of 300 m in before and after the bridge, which corresponds to the maximum influential length of train braking.



(1) - resistance of sleeper in ballast (unloaded track)
otpor podužnom pomeranju praga kroz zastor (neopterećen kolosek)

(2) - resistance of rail in sleeper (unloaded track) (frozen ballast or track without ballast)
otpor podužnom pomeranju šine u odnosu na prag (neopterećen kolosek) (smrznuti zastor ili kolosek na čvrstoj podlozi)

(3) - resistance of sleeper in ballast (loaded track)
otpor podužnom pomeranju praga kroz zastor (opterećen kolosek)

(4) - resistance of rail in sleeper (loaded track) (frozen ballast or track without ballast)
otpor podužnom pomeranju šine u odnosu na prag (opterećen kolosek) (smrznuti zastor ili kolosek na čvrstoj podlozi)

u'_0 - ultimate relative displacement of the rail to the sleeper
granično relativno pomeranje šine u odnosu na prag

u_0 - ultimative relative displacement of the sleeper in the ballast
granično relativno pomeranje praga u odnosu na zastor

Note: / Napomena:
rail profile 60E1, concrete sleepers B70 at a distance of 60 cm and longitudinal resistance of the rail in the track 2x9 kN, minimum thickness of the compacted ballast below the sleeper is 30 cm.
šine 60E1, betonski pragovi B70 na razmaku 60 cm i podužni otpor šina u koloseku 2x9 kN, minimalna debljina zbijenog zastora ispod praga 30 cm.

Fig. 8: Longitudinal displacement resistance of track/rail

View of calculation model

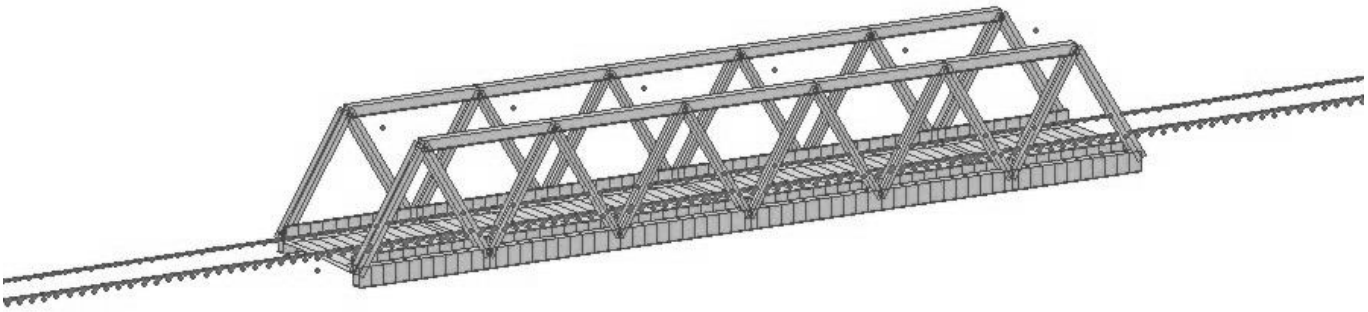


Fig. 9: View of calculation model

Longitudinal section of the calculation model

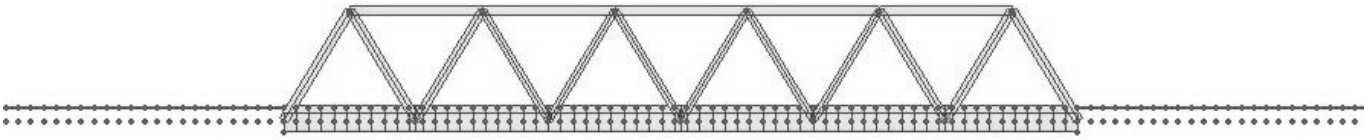


Fig. 10: Longitudinal section of the calculation model

Cross-section of calculation model

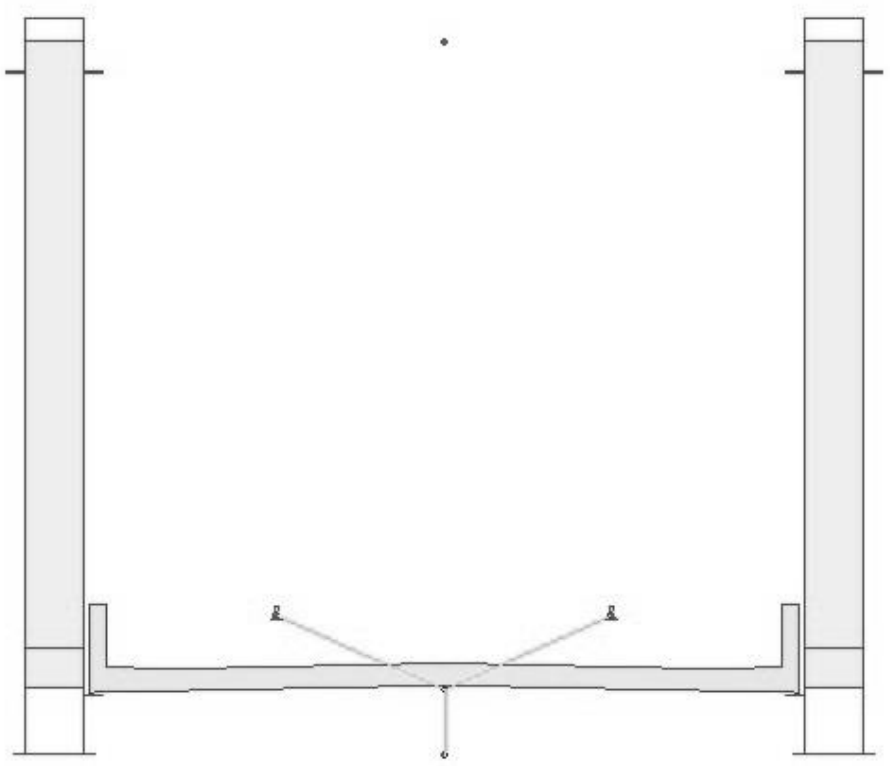
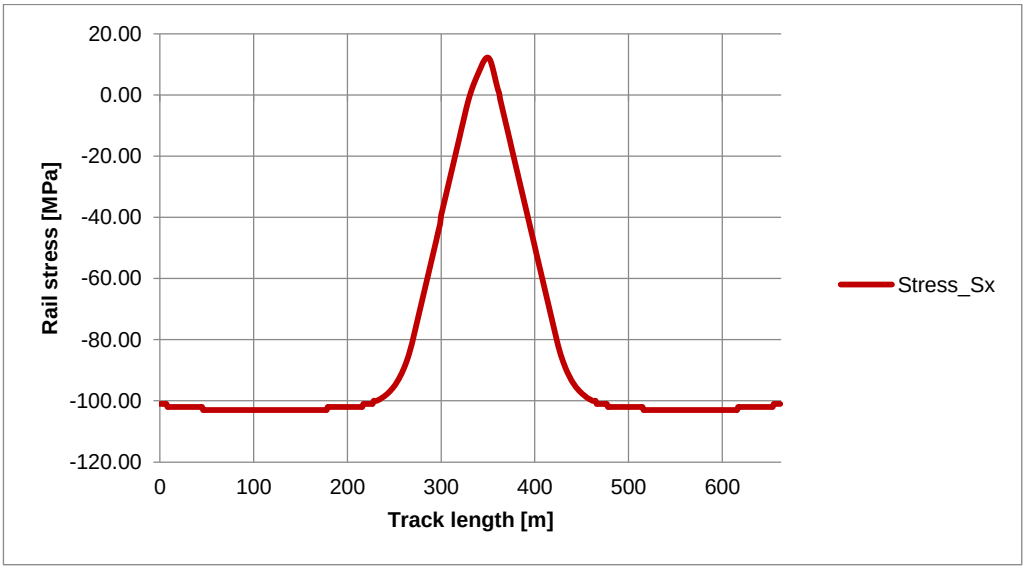


Fig. 11: Cross-section of the calculation model with elastic connections with bilinear behavior between the track and the bridge superstructure

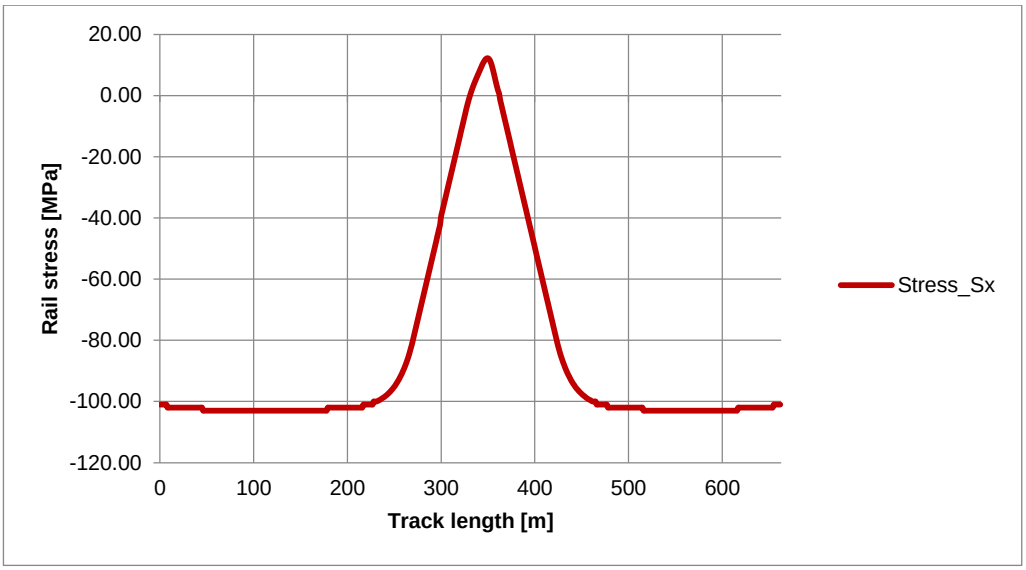
1.2.1.5 Calculation of track-bridge interaction for summer climatic conditions

1) Rail stress due to temperature change in bridge superstructure and continuously welded rails
Left track



Maximum pressure stress in rail = **-42,10 MPa (the additional pressure stress is equal to zero)**
Maximum tensile stress in rail = **0,00 MPa**

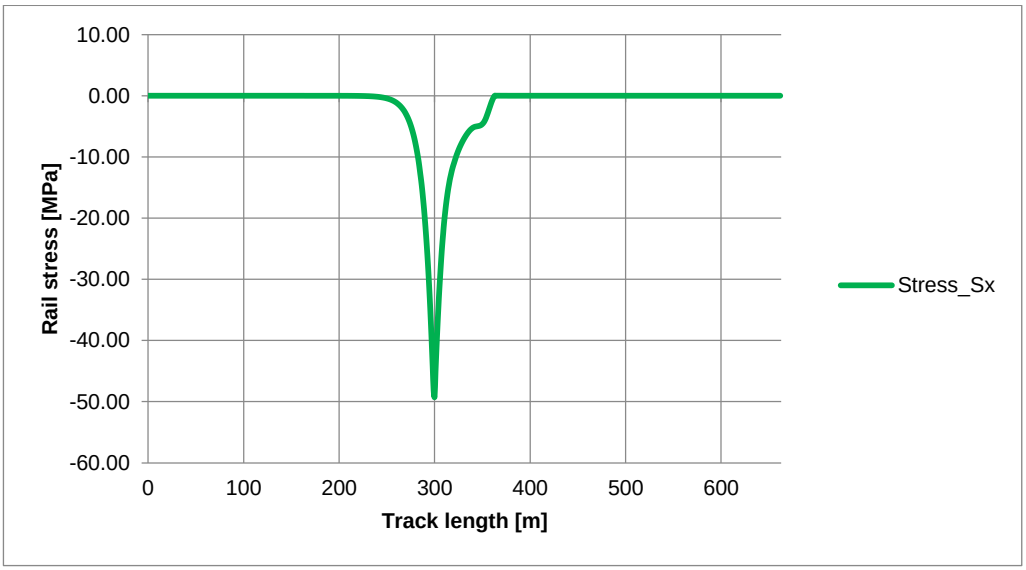
Right track



Maximum pressure stress in rail = **-42,10 MPa (the additional pressure stress is equal to zero)**
Maximum tensile stress in rail = **0,00 MPa**

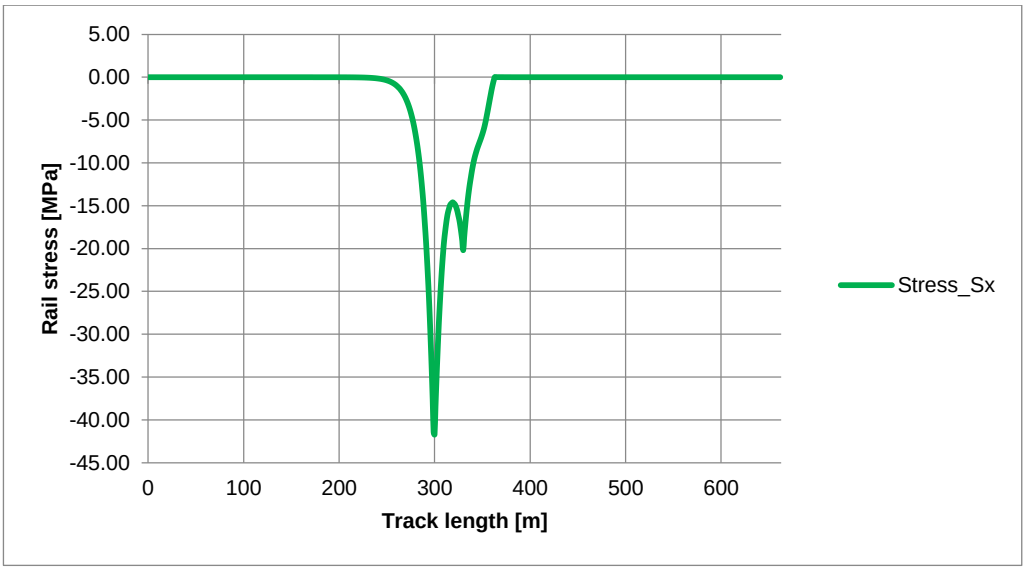
2) Rail stress due to train acceleration/braking

Left track (train braking)



Maximum pressure stress in rail = **-49,18 MPa**
Maximum tensile stress in rail = **0,00 MPa**

Right track (train acceleration)

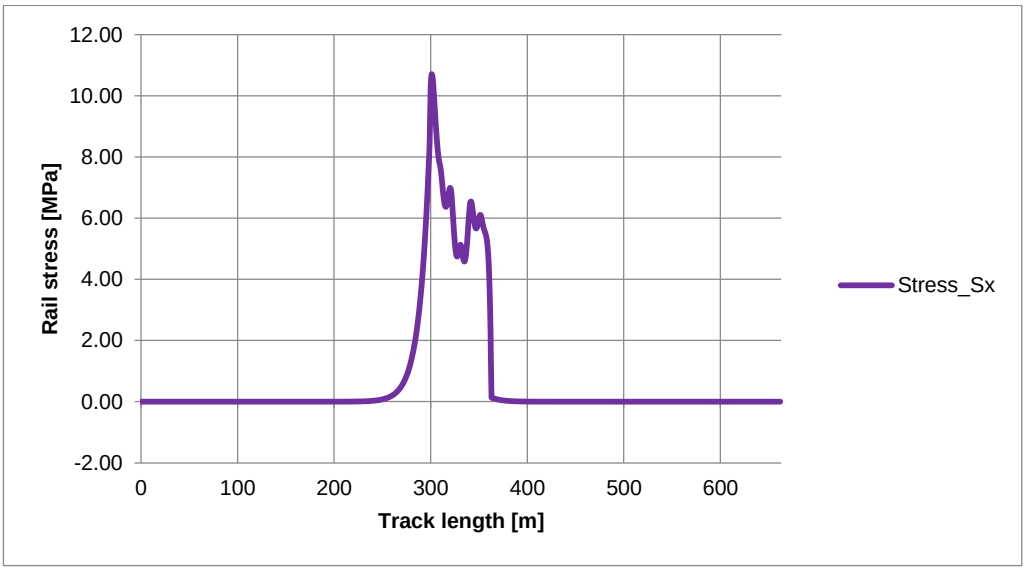


Maximum pressure stress in rail = **-41,70 MPa**

Maximum tensile stress in rail = **0,00 MPa**

3) Rail stress due to vertical bending under train

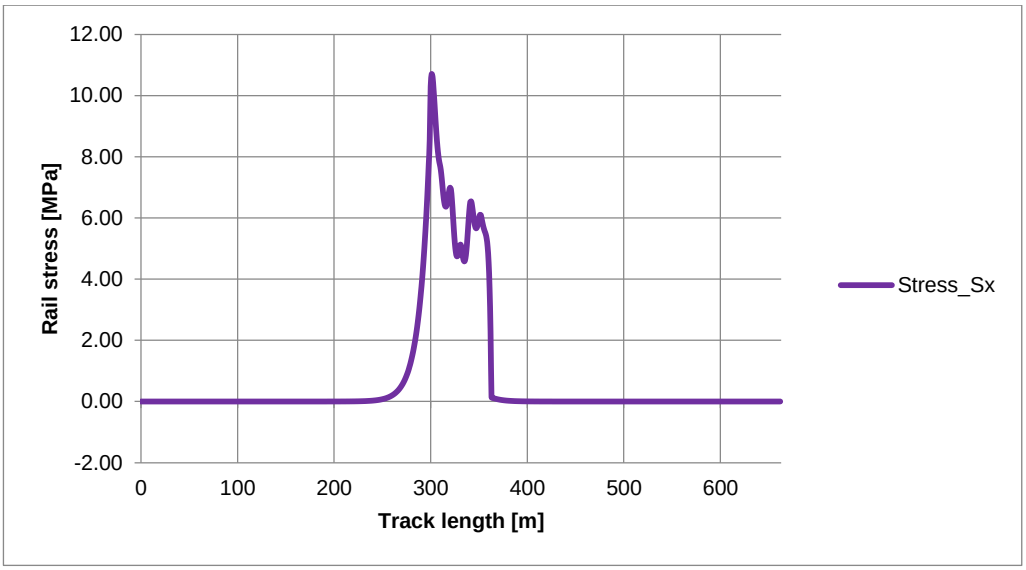
Left track



Maximum pressure stress in rail = **0,00 MPa**

Maximum tensile stress in rail = **+10,66 MPa**

Right track



Maximum pressure stress in rail = **0,00 MPa**

Maximum tensile stress in rail = **+10,66 MPa**

4) Rail stress due to temperature change in bridge superstructure, train acceleration/braking and vertical bending under train

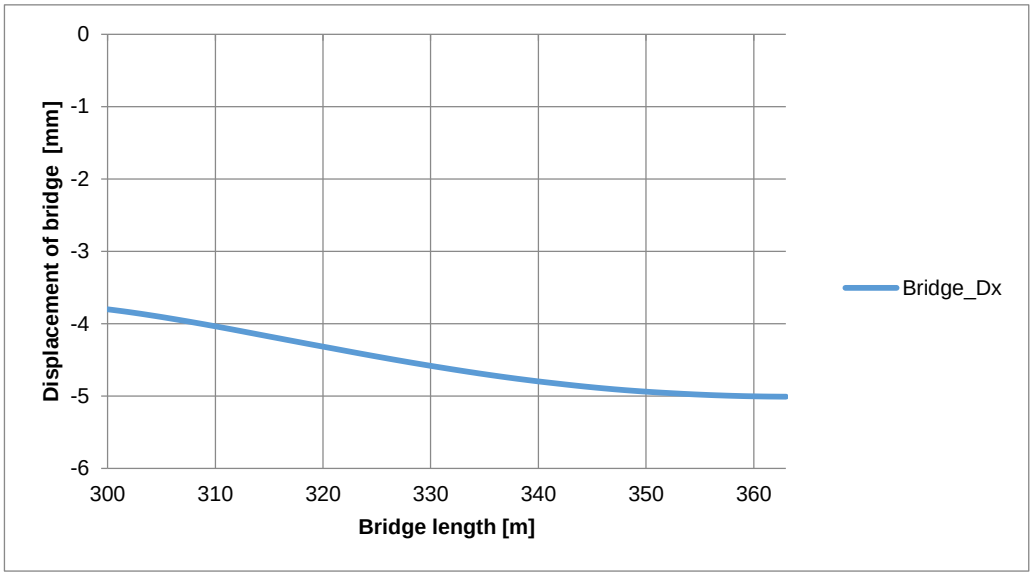
Left track

Maximum pressure stress in rail = **-0,00-49,18-0,00 = -49,18 MPa ≤ -72,00 MPa**

Right track

Maximum pressure stress in rail = **-0,00-41,70-0,00 = -41,70 MPa ≤ -72,00 MPa**

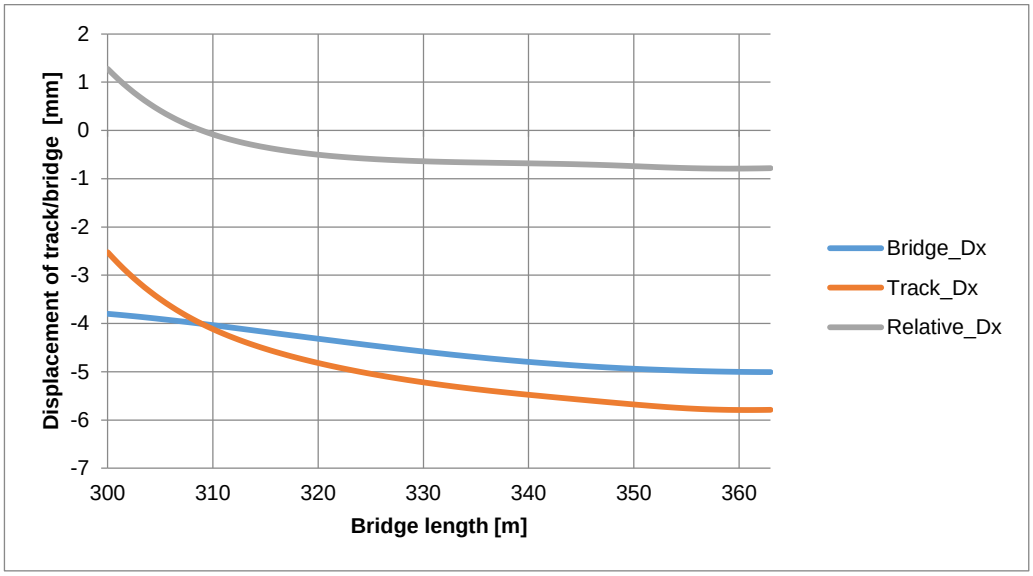
5) Absolute horizontal displacement of bridge superstructure due to acceleration/braking of the train



Maximum absolute horizontal displacement of bridge superstructure due to acceleration/braking of the train = **5,00 mm ≤ 5 mm**

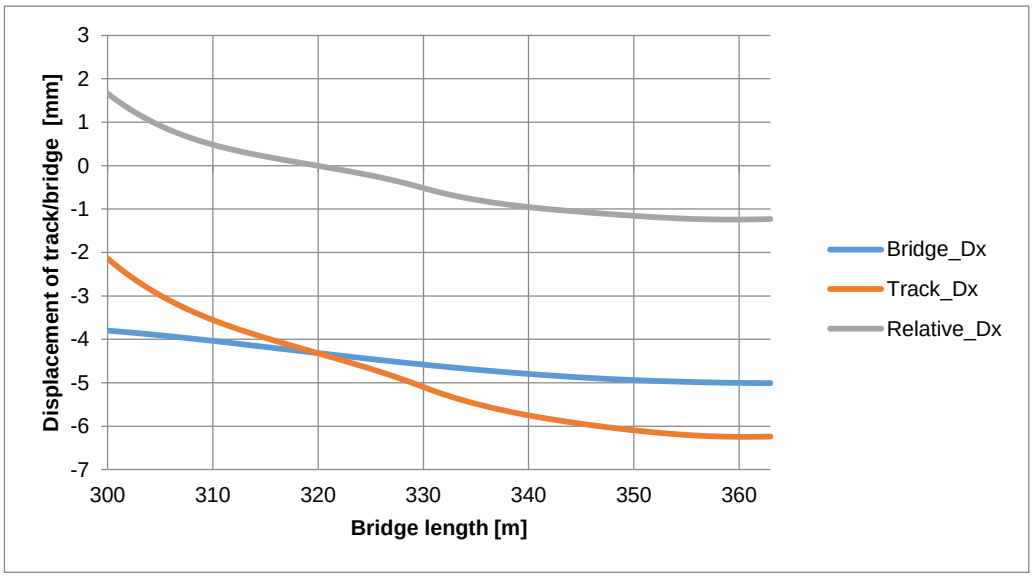
6) Relative horizontal displacement between rail and bridge superstructure due to acceleration/braking of the train

Left track (train braking)



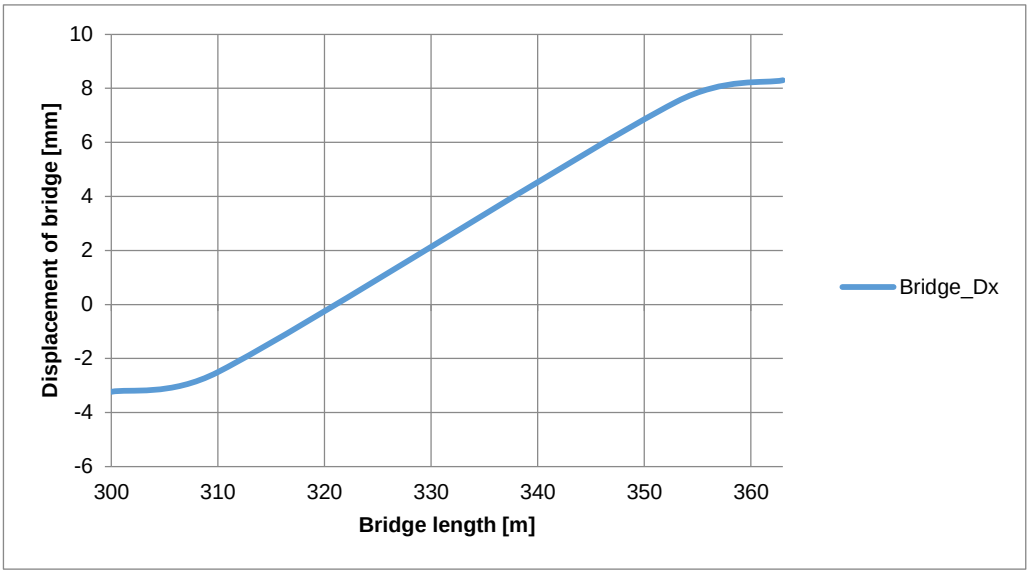
Maximum relative horizontal displacement between rail and bridge superstructure due to braking of the train = **1,28 mm ≤ 4 mm**

Right track (train acceleration)



Maximum relative horizontal displacement between rail and bridge superstructure due to acceleration of the train = **1,66 mm ≤ 4 mm**

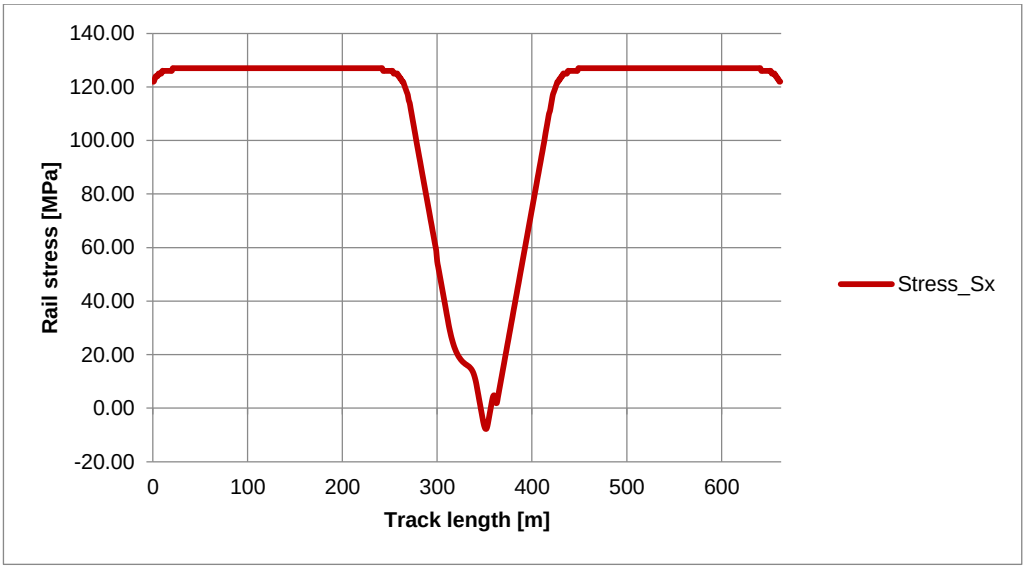
7) Horizontal displacement due to rotating of the bridge ends under the vertical load from the train



Maximum horizontal displacement due to rotating of the bridge ends under the vertical load from the train = **8,30 mm ≈ 8 mm**

1.2.1.6 Calculation of track-bridge interaction for winter climatic conditions

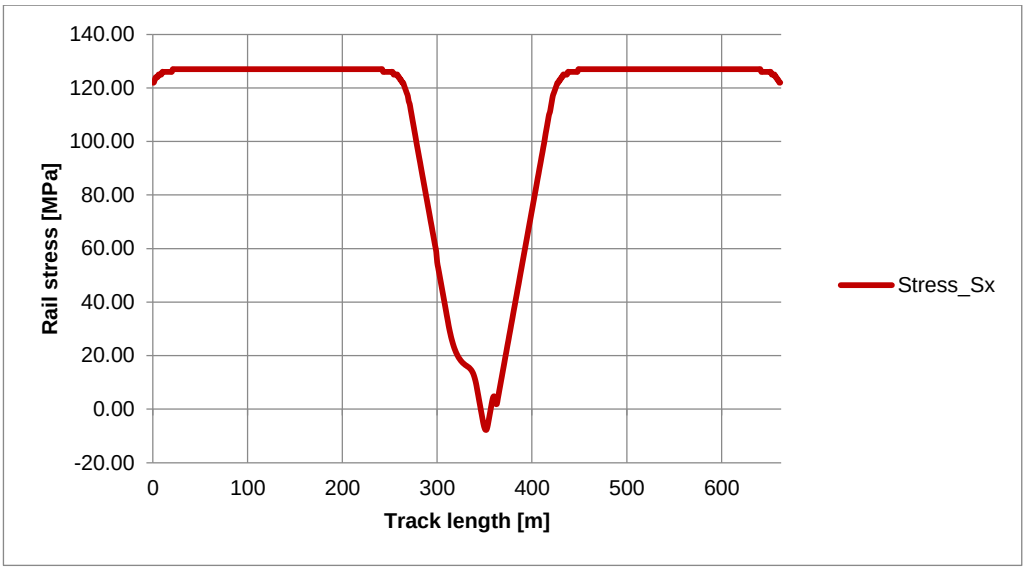
1) Rail stress due to temperature change in bridge superstructure and continuously welded rails Left track



Maximum pressure stress in rail = **0,00 MPa**

Maximum tensile stress in rail = **+58,80 MPa (the additional tensile stress is equal to zero)**

Right track

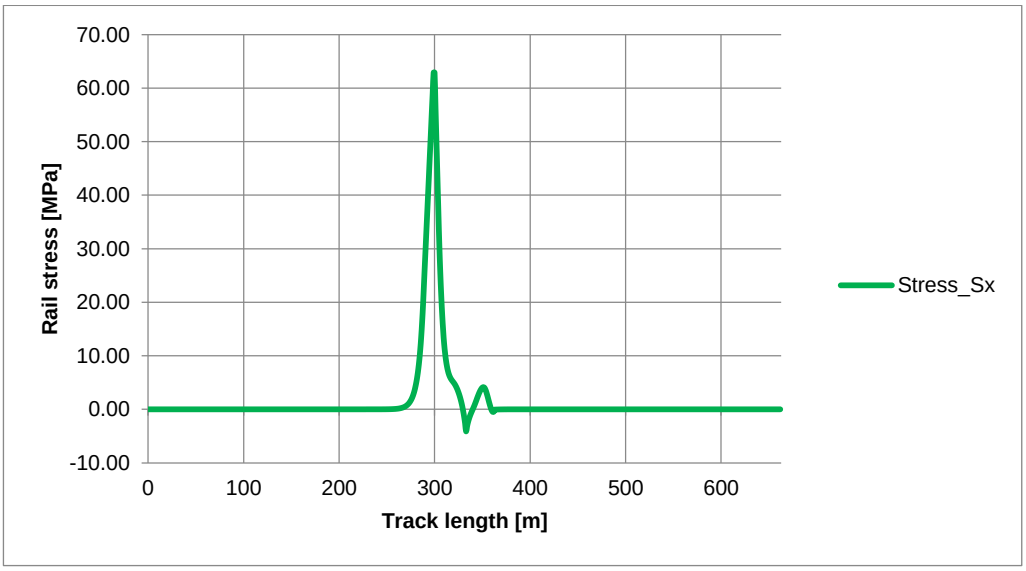


Maximum pressure stress in rail = **0,00 MPa**

Maximum tensile stress in rail = **+58,80 MPa (the additional tensile stress is equal to zero)**

2) Rail stress due to train acceleration/braking

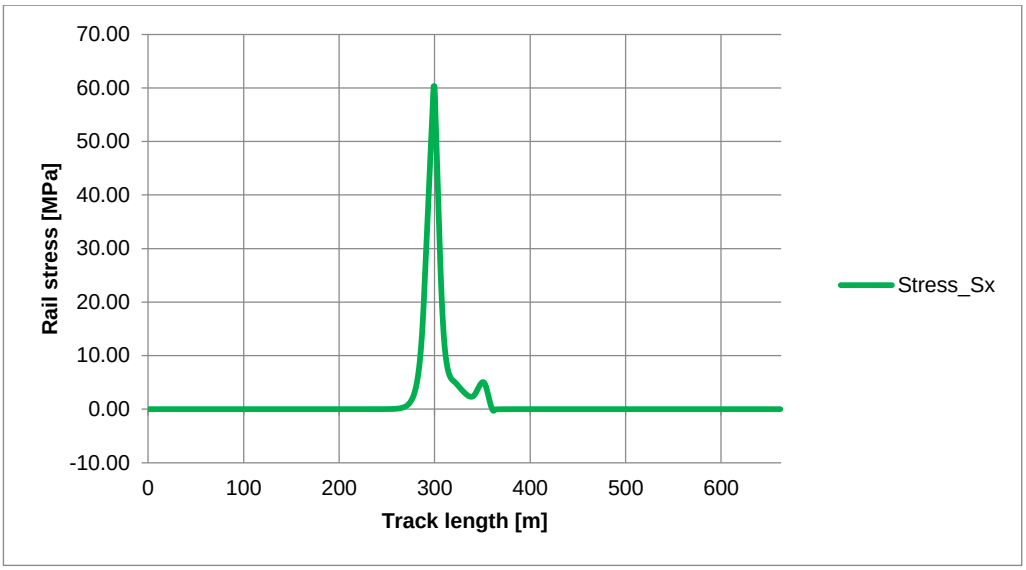
Left track (train acceleration)



Maximum pressure stress in rail = **0,00 MPa**

Maximum tensile stress in rail = **+62,87 MPa**

Right track (train braking)

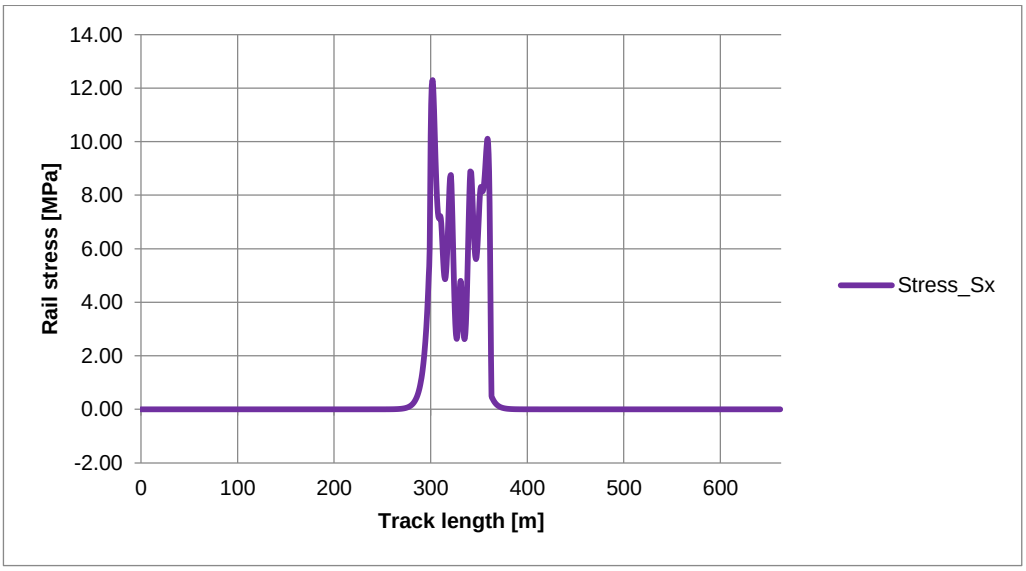


Maximum pressure stress in rail = **0,00 MPa**

Maximum tensile stress in rail = **+60,30 MPa**

3) Rail stress due to vertical bending under train

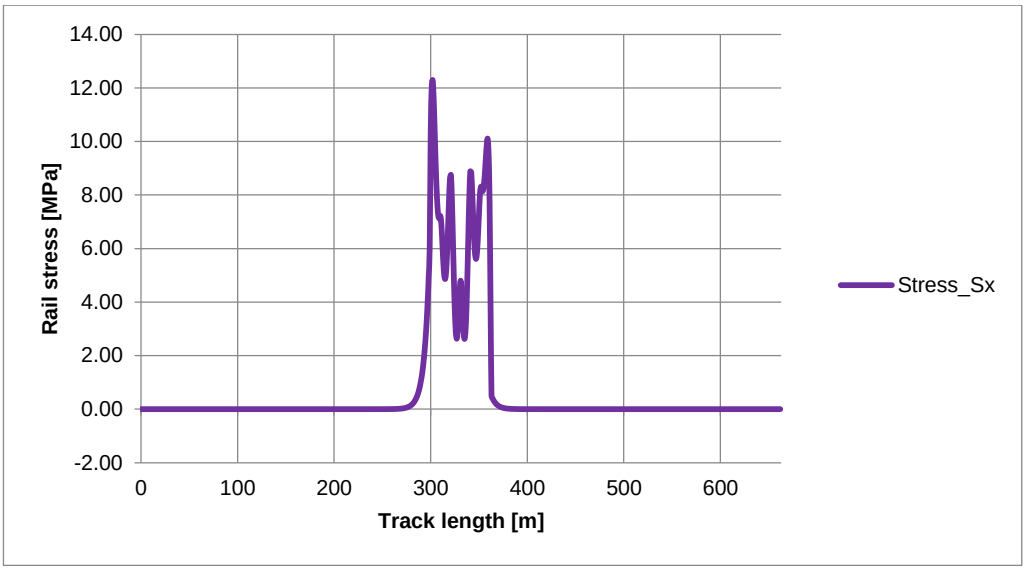
Left track



Maximum pressure stress in rail = **0,00 MPa**

Maximum tensile stress in rail = **+12,32 MPa**

Right track



Maximum pressure stress in rail = **0,00 MPa**

Maximum tensile stress in rail = **+12,32 MPa**

4) Rail stress due to temperature change in bridge superstructure, train acceleration/braking and vertical bending under train

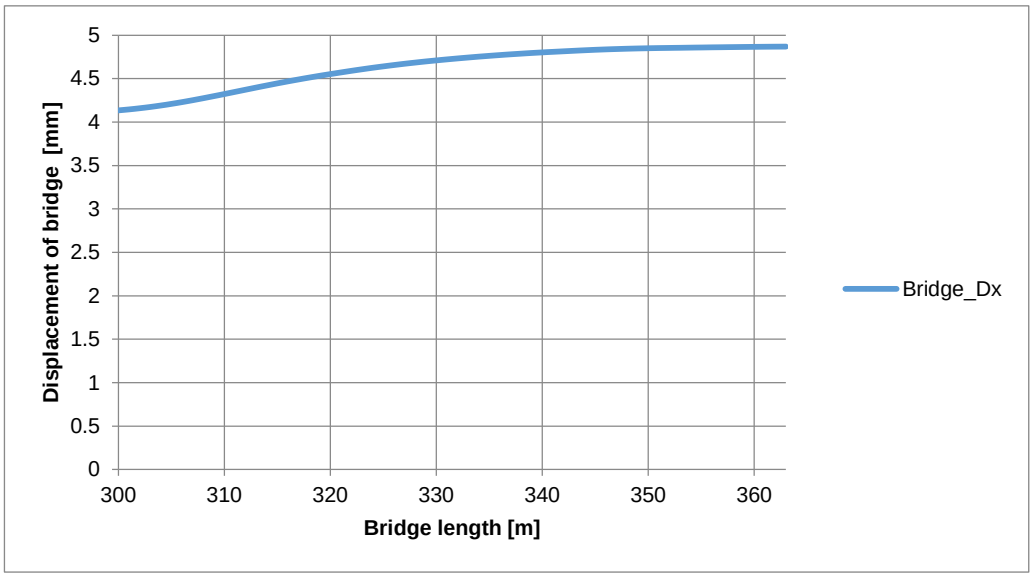
Left track

Maximum tensile stress in rail = **+0,00+62,87+12,32 = +75,19 MPa ≤ +92,00 MPa**

Right track

Maximum tensile stress in rail **= +0,00+60,30+12,32 = +72,62 MPa ≤ +92,00 MPa**

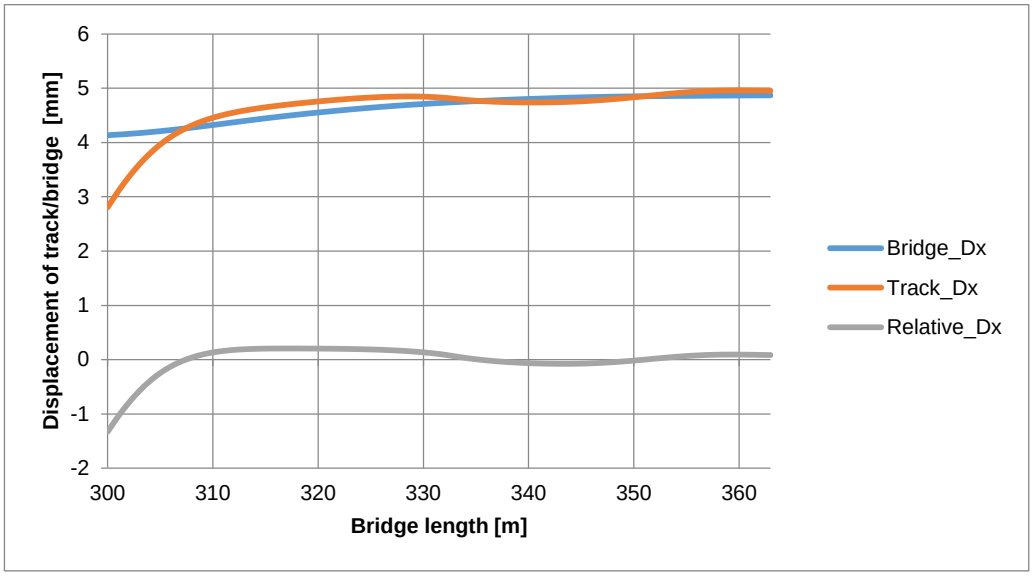
5) Absolute horizontal displacement of bridge superstructure due to acceleration/braking of the train



Maximum absolute horizontal displacement of bridge superstructure due to acceleration/braking of the train = **4,90 mm ≤ 5 mm**

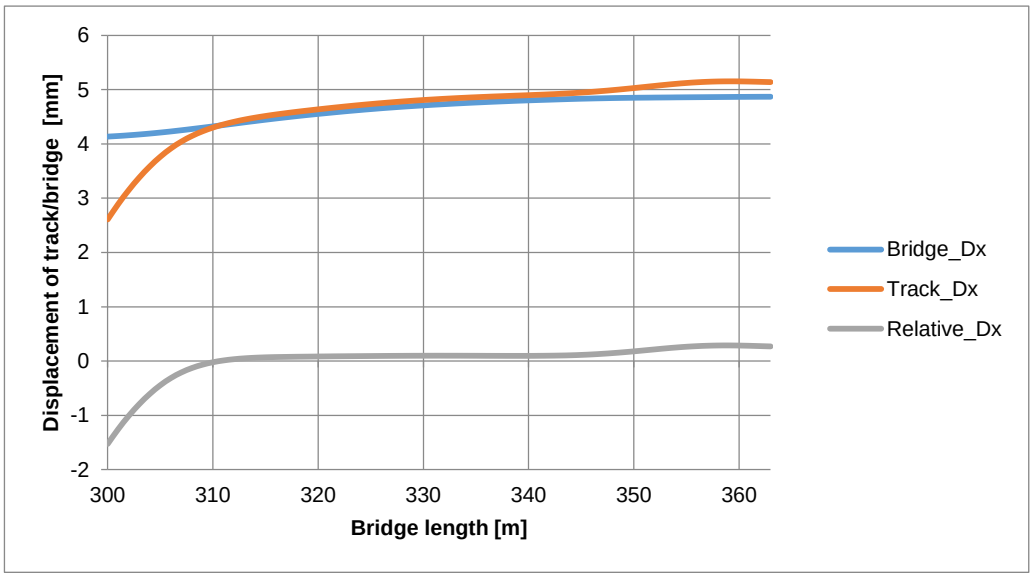
6) Relative horizontal displacement between rail and bridge superstructure due to acceleration/braking of the train

Left track (train acceleration)



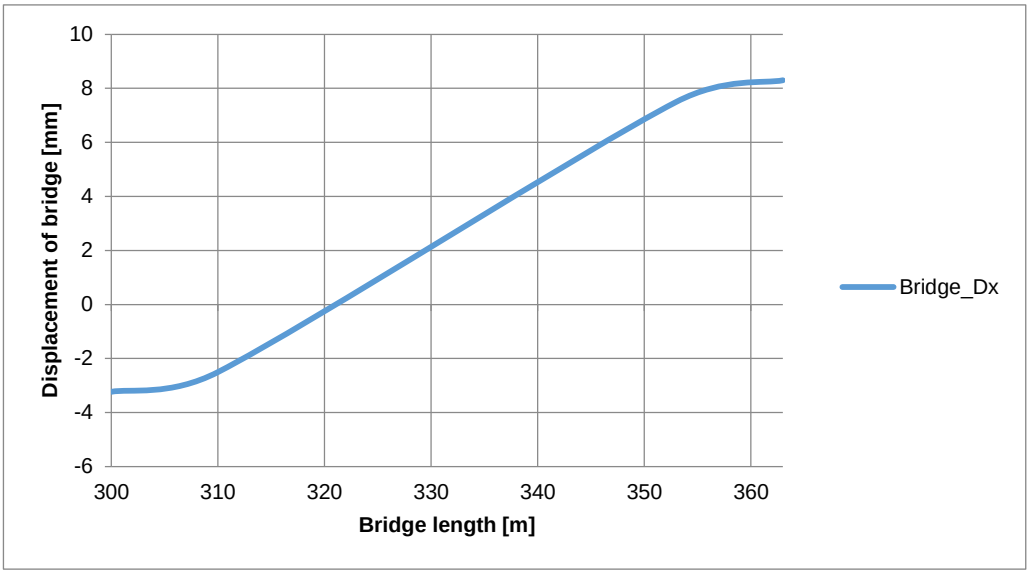
Maximum relative horizontal displacement between rail and bridge superstructure due to acceleration of the train **= <u>1,33 mm ≤ 4 mm</u>**

Right track (train braking)



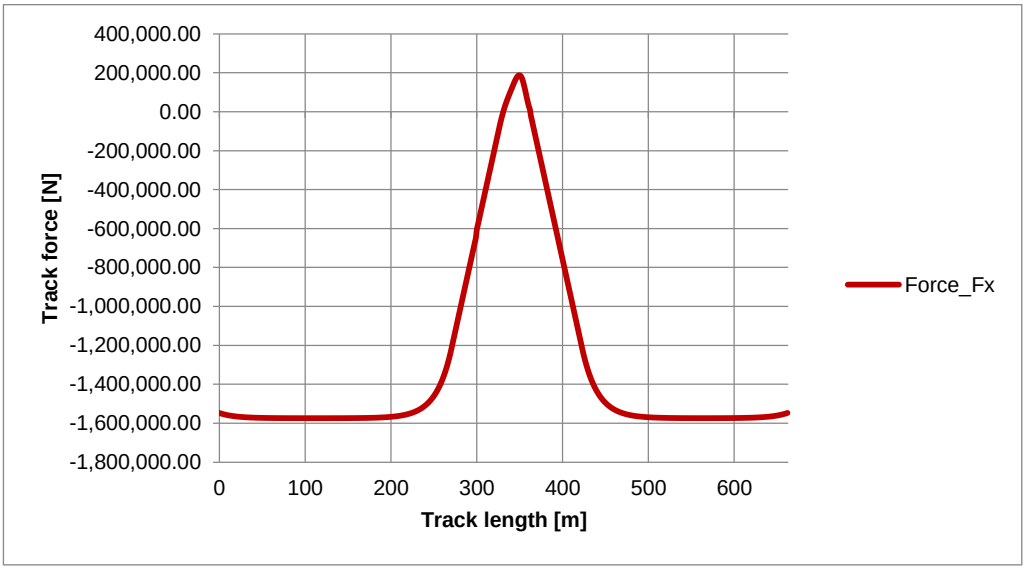
Maximum relative horizontal displacement between rail and bridge superstructure due to braking of the train = **<u>1,53 mm ≤ 4 mm</u>**

7) Horizontal displacement due to rotating of the bridge ends under the vertical load from the train



Maximum horizontal displacement due to rotating of the bridge ends under the vertical load from the train = **8,26 mm ≈ 8 mm**

1.2.1.7 Track stability in the horizontal plane on the bridge in summer climatic conditions

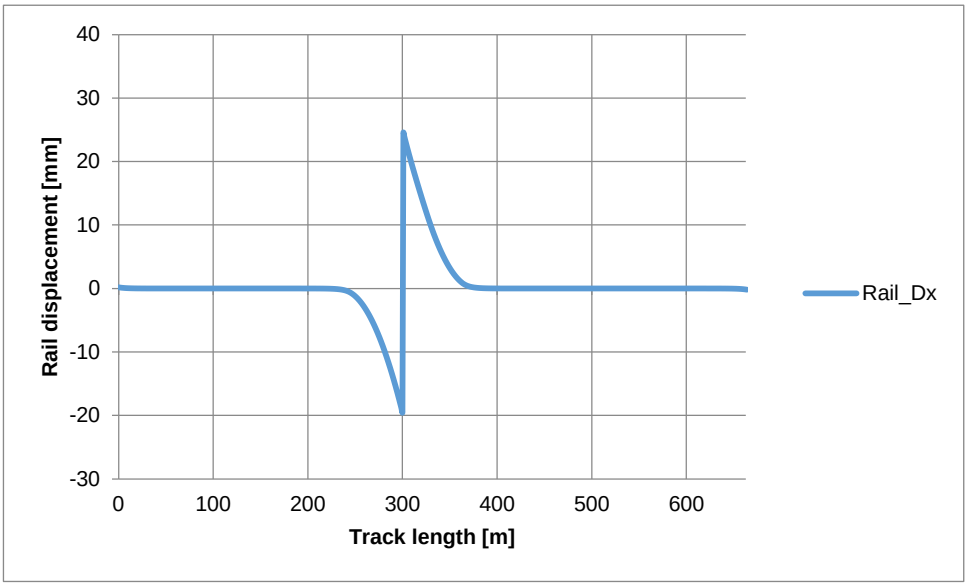


Maximum temperature pressure force in track on the bridge in summer climatic conditions relevant for the calculation of track stability in the horizontal plane = -1574260 N

The input parameters for the calculation of the track stability in the horizontal plane on the bridge in extreme summer climatic conditions are in accordance with Chapters 1.2.1.1, 1.2.1.2 and 1.2.1.3 as well as calculation results of the track/bridge interaction.

Checking the stability of the track in the horizontal plane was carried out for the maximum value of the pressure force in the track -1574260 N, which occurs in the transition zone from the embankment to the bridge due to the built-in rail expansion device in the track on the bridge.

1.2.1.8 Size of the rail gap on the bridge in winter climatic conditions

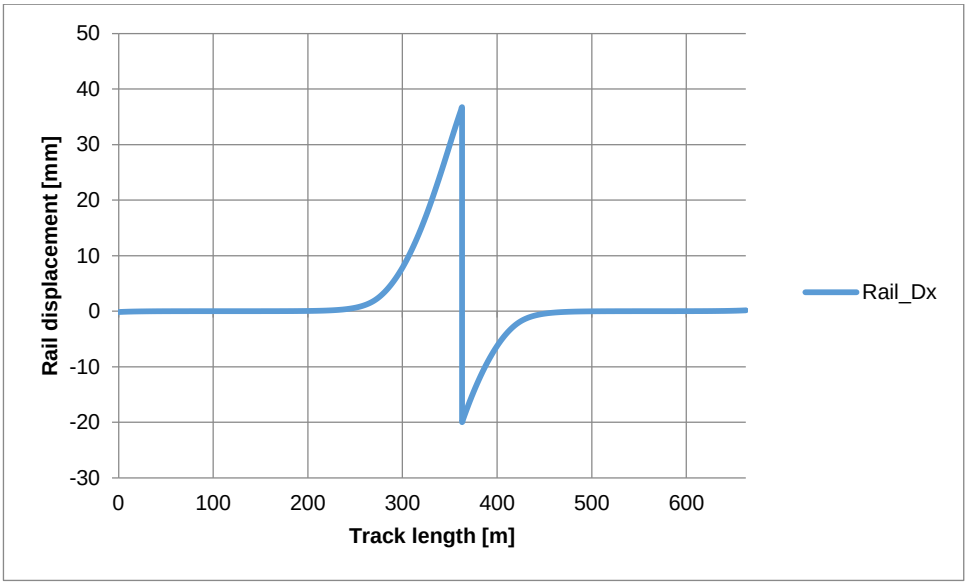


Maximum size of the gap due to cracking of the rail on the bridge in winter climatic conditions in the = **44,04 mm.**

1.2.1.9 Capacity of the rail expansion device in the track on the bridge

The rail expansion device in the track is designed at km 110+382,55 in both tracks.

Summer climatic conditions



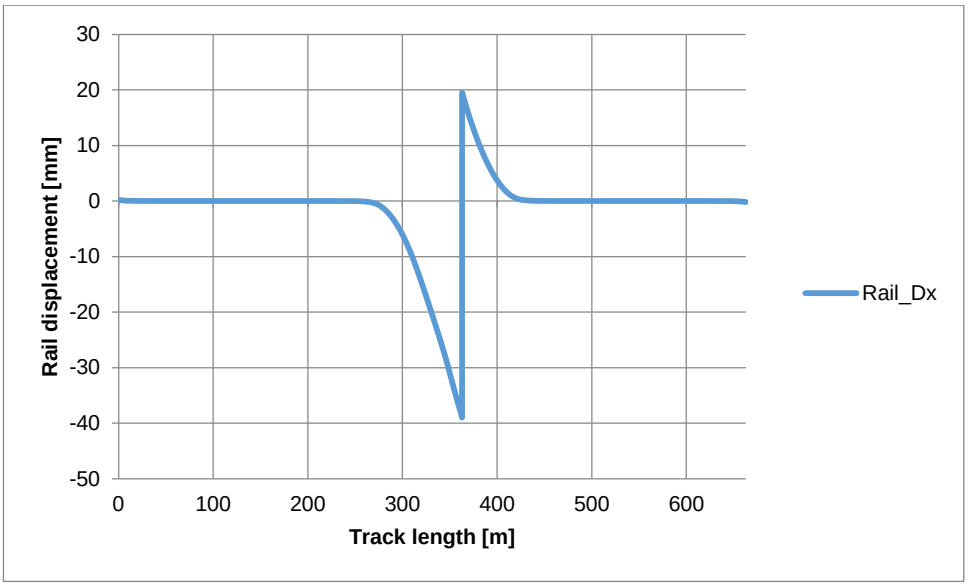
The maximum rail elongation on the bridge in summer climatic conditions **= +36,74 mm**

The maximum rail elongation on the bridge due to braking/acceleration **= +6,24 mm**

The maximum rail elongation on the bridge due to train vertical load **= +8,30 mm**

The total maximum rail elongation on the bridge = 1,5 x (+36,74 + 6,24 + 8,30) **= +76,92 mm**

Winter climatic conditions



The maximum rail contraction on the bridge in winter climatic conditions **= -38,91 mm**

The maximum rail contraction on the bridge due to braking/acceleration **= -5,14 mm**

The total maximum rail contraction on the bridge = 1,5 x (-38,91 - 5,14) **= -66,08 mm**

The installation of rail expansion devices in both tracks with a minimum capacity of **a = ±100 mm** at km 110+382.55 is required. (The capacity of the rail expansion device in the track is harmonized with the calculation of the bridge structure dilatation within the static calculation of the bridge.)

Calculated by:
Zoran Lukovic,dipl.gradj.inz.
licenca broj 310 3032 03

2/1.1.20.6.3 ПРЕДМЕР И ПРЕДРАЧУН

ПРОЈЕКАТ ЗА ГРАЂЕВИНСКУ ДОЗВОЛУ
'УГА: НОВИ САД - СУБОТИЦА - ДРЖАВНА ГРАНИЦА (Келеби
КЊИГА 2/1.1.20: ПРОЈЕКАТ МОСТА
на km 110+351.21

DESIGN FOR BUILDING PERMIT
RAILWAY LINE: NOVI SAD - SUBOTICA - STATE BORDER (Kelebia)
BOOK 2/1.1.20: BRIDGE DESIGN
at km 110+351.21

Бр. поз. No.		Опис радова	Description	Јед. мере Unit	Количина Quantity	Јед. цена (дин) Unit rate (Din)	Цена (дин) (Din) Price
					A	B	A x B
2/1.1.20.1		**ИЗВОЂЕЊЕ HW ШИПОВА**	**CONSTRUCTION OF HW PILES**				
2/1.1.20.1.1		Извођење HW бушених шипова од бетона к ласе C25/30, XC2, XA1, V-II. Цена радова об ухвата бушење, набавку и уградњу бетона, с ву потребну опрему и радну снагу. Обрачун се врши по m' готовог шипа. Набавка и уградња арматуре је обрачуната к ао посебна позиција. Позиција обухвата и један тест шип. Шипови пречника Ø120 cm	Construction of HW bored piles of concrete class C25/30, XC2, XA1, V-II. The price covers boring, supply of concrete and concreting, all neccesery equipment and workmanship. Accounting shall be made per m' of a pile. Supply and installation of peinforcement is accounted separately. Item includes one test pile	m'	425.00	50,000.00	21,250,000.00
2/1.1.20.1.2		Набавка и уградња арматуре класе B500B з а HW шипове. Обрачун се врши по kg уграђене арматуре.	Supply and installation of reinforcement of class B500B for HW piles. Accounting shall be made per kg of installed reinforcement.	kg	46,121.00	120.00	5,534,520.00
2/1.1.20.1.3		Пробно оптерећење шипова на хоризонталн о оптерећење. Извести у складу са одредбама Правилника за грађевинске конструкције ("Сл. гласник Р С", бр. 89/2019), на једном пару сталних шип овима до вредности радних-сервисних сила.	Pile load testing for horizontal load. Shall be carried out in accordance with the Regulation for the structures ("Official Gazette of RS", No. 89/2019), on the couple of permanently installed piles for the values up to the working-service load.	паушално / lump sum			2,400,000.00
2/1.1.20.1.4		Пробно оптерећење шипова на вертикално оптерећење. Извести у складу са одредбама Правилника за грађевинске конструкције ("Сл. гласник Р С", бр. 89/2019), на шипу посебно припремљ еном за пробно оптерећење.	Pile load testing for vertical load. Shall be carried out in accordance with the Regulation for the structures ("Official Gazette of RS", No. 89/2019), on the pile specially prepared for load testing.	паушално / lump sum			1,800,000.00
		УКУПНО ИЗВОЂЕЊЕ HW ШИПОВА:	**TOTAL FOR CONSTRUCTION OF HW PILES:**				**30,984,520.00**

ПРОЈЕКАТ ЗА ГРАЂЕВИНСКУ ДОЗВОЛУ
'УГА: НОВИ САД - СУБОТИЦА - ДРЖАВНА ГРАНИЦА (Келеби
КЊИГА 2/1.1.20: ПРОЈЕКАТ МОСТА
на km 110+351.21

DESIGN FOR BUILDING PERMIT
RAILWAY LINE: NOVI SAD - SUBOTICA - STATE BORDER (Kelebia)
BOOK 2/1.1.20: BRIDGE DESIGN
at km 110+351.21

Бр. поз. No.		Опис радова	Description	Јед. мере Unit	Количина Quantity	Јед. цена (дин) Unit rate (Din)	Цена (дин) (Din) Price
					A	B	A x B
2/1.1.20.2		**ЗЕМЉАНИ РАДОВИ**	**EARTHWORKS**				
2/1.1.20.2.1		Ископ за темеље у материјалу I и II категорије, са свом потебном подградом и транспортом ископаног материјала до 5 km. Обрачун се врши по m^3 ископаног материјала.	Excavate for foundations in soil cat. I & II, with all necessary brackets and bracings and transport of excavated material up to distance of 5 km. Accounting shall be made per m^3 of excavated	m^3	3,628.00	890.00	3,228,920.00
2/1.1.20.2.3		Затрпавање темеља опорача и стубова, из ископа или позајмишта, у слојевима по 30 cm, земљаним материјалом, са набијањем слојева до модула стшљивости Ms=30 MPa. Обрачун се врши по m^3 набијеног материјала.	Backfill of abutment and pier foundations using earth from excavation or borrow pit, in 30 cm layers, compacted to modulus of compresibility of Ms=30 MPa. Accounting shall be made per m^3 of compacted material.	m^3	566.00	1,800.00	1,018,800.00
2/1.1.20.2.4		Израда цементне стабилизације иза опорача према ZTVE-StB sa 2.5 do 3.0 % цемента, ширине у круни минимум 1.5 m (на 1.0 m исп од врха парапера) и нагибом 1:1 или блажим према темељном тлу, са степеном збијеност и $D_{pr} \geq 0.98$ према SRPS EN 13286-2:2012. Цена радова обухвата набавку и транспорт материјала, уградњу и збијање, сву неопходну опрему и радну снагу. Обрачун по m^3 уграђеног и збијеног материјала.	Construction of cement stabilzation behind the abutments according to ZTVE-StB with 2.5 to 3.0 % of cement, width in the top min. 1.5 m and slope to foundation soil of 1:1 or less steep, with compactation factor Dpr ≥ 0.98 according to SRPS EN 13286-2:2012. The price covers supply and transport of material, construction and compactation, all neccesery equipment and workmanship. Accounting shall be made per m^3 of compacted material.	m^3	1,012.00	4,500.00	4,554,000.00

ПРОЈЕКАТ ЗА ГРАЂЕВИНСКУ ДОЗВОЛУ
ПРУГА: НОВИ САД - СУБОТИЦА - ДРЖАВНА ГРАНИЦА (Келеби
КЊИГА 2/1.1.20: ПРОЈЕКАТ МОСТА
на km 110+351.21

DESIGN FOR BUILDING PERMIT
RAILWAY LINE: NOVI SAD - SUBOTICA - STATE BORDER (Kelebia)
BOOK 2/1.1.20: BRIDGE DESIGN
at km 110+351.21

Бр. поз. No.		Опис радова	Description	Јед. мере Unit	Количина Quantity	Јед. цена (дин) Unit rate (Din)	Цена (дин) (Din) Price
					A	B	A x B
2/1.1.20.2.5		Израда прелазног слоја иза цементне стабилизације, ширине у круни минимум 10.0 m и нагибом 1:2 или блажим према темељном тлу, са степеном збијености $D_{pr} \geq 1.0$ према SRPS EN 13286-2:2012. Уграђени материјал мора бити према DIN 18196 са модулом деформације у дну $E_{v2} \geq 45$ MN/m^2 и врху $E_{v2} \geq 80$ MN/m^2. Цена радова обухвата набавку и транспорт материјала, уградњу и збијање, сву неопходну опрему и радну снагу. Обрачун по m^3 уграђеног и збијеног материјала.	Construction of transition layer behind cement stabilzation, width in the top min. 10.0 m and slope to foundation soil of 1:2 or less steep, with compactation factor Dpr ≥ 1.0 according to SRPS EN 13286-2:2012. Material for construction shall be according to DIN 18196 with deformation modulus in the bottom $E_{v2} \geq 45$ MN/m2 and in the top $E_{v2} \geq 80$ MN/m^2. The price covers supply and transport of material, construction and compactation, all neccesery equipment and workmanship. Accounting shall be made per m^3 of compacted material.	m^3	2,346.00	4,100.00	9,618,600.00
2/1.1.20.2.6		Израда прелазне плоче са хидрауличном стабилизацијом иза опораца, ширине минимум 3.0 m и дебљине минимум 0.3 m. Цена радова обухвата набавку и транспорт материјала, уградњу и збијање, сву неопходну опрему и радну снагу. Обрачун по m^3 уграђеног и збијеног материјала.	Construction of transition slab with hydraulic stabilization behind the abutments, width min. 3.0 m and thickness min. 0.3 m. The price covers supply and transport of material, construction and compactation, all neccesery equipment and workmanship. Accounting shall be made per m^3 of compacted material.	m^3	35.00	10,800.00	378,000.00
2/1.1.20.2.7		Израда кегли материјалом добијеним из усека или позајмишта са механичким набијањем у слојевима од по 30 cm. Цена радова обухвата набавку и транспорт материјала, уградњу и збијање, сву неопходну опрему и радну снагу. Обрачун по m^3 уграђеног и збијеног материјала.	Construction of abutment cones with material recovered from cuttings or borrow pits, mechanically compacted in 30 cm layers. The price covers supply and transport of material, construction and compactation, all neccesery equipment and workmanship. Accounting shall be made per m^3 of compacted material.	m^3	188.00	3,700.00	695,600.00
		УКУПНО ЗЕМЉАНИ РАДОВИ:	**TOTAL EARTH WORKS:**				**19,493,920.00**

ПРОЈЕКАТ ЗА ГРАЂЕВИНСКУ ДОЗВОЛУ
ПРУГА: НОВИ САД - СУБОТИЦА - ДРЖАВНА ГРАНИЦА (Келеби
КЊИГА 2/1.1.20: ПРОЈЕКАТ МОСТА
на km 110+351.21

DESIGN FOR BUILDING PERMIT
RAILWAY LINE: NOVI SAD - SUBOTICA - STATE BORDER (Kelebia)
BOOK 2/1.1.20: BRIDGE DESIGN
at km 110+351.21

Бр. поз. No.		Опис радова	Description	Јед. мере Unit	Количина Quantity	Јед. цена (дин) Unit rate (Din)	Цена (дин) (Din) Price
					A	B	A x B
2/1.1.20.3		**БЕТОНСКИ И АРМИРАНОБЕТОНСКИ РАДО**	**PLAIN AND REINFORCED CONCRETE**				
		Све позиције обухватају поред описа појединачних ставки и следеће заједничке услове: - Бетонски радови ће бити изведени у свему по пројекту, статичком прорачуну и важећим правилницима. Цене садрже све радне операције, набавку и утрошке материјала, помоћни алат, оплате и скеле. - Бетон ће бити справљен, транспортован, уграђен, негован и испитиван на пробним узорцима по одредбама које прописује важећи Правилник за грађевинске конструкције ("Сл. гласник РС", бр. 89/2019) - Бетон ће бити справљен од агрегата и цемента атестираних по важећим српским стандардима - Бетон класе V.II мора имати све класе отпорности дефинисане појединачним позицијама. - Мешање бетона мора се вршити машинским путем, а набијање вибрирањем - Арматура се обрачунава и плаћа посебно - Каблови се обрачунавају и плаћају посебно - У цену бетона је урачуната оплата и скела - Плаћа се за потпуно готов посао по m³ уграђеног бетона, ако није другачије дефинисано у појединим позицијама.				
		Неармирани бетон	**Plain concrete**				
2/1.1.20.3.1		Мршави бетон - изравнавајући слој, дебљине 10 cm, C12/15 or C16/20, X0, испод темеља и наглавних греда.	Cast lean concrete C12/15 or C16/20, X0 for 10 cm thick blinding layers under foundations and pile caps.	m^3	31.00	12,000.00	372,000.00
		Армирано бетонске темељне конструкције	**Reinforced concrete foundations**				
2/1.1.20.3.2		Темељи и наглавне греде од бетона класе C25/30, XC2, XA1, V-II	Foundations and pile caps of concrete class C25/30, XC2, XA1, V-II	m^3	583.00	21,600.00	12,592,800.00
		Стубови као ослонци распонских конструкција разних система и лежишне греде	**Supporting piers under spanning construction of various systems and**				
2/1.1.20.3.3		Тело крајњих стубова од бетона класе C25/30, XC4, XD3, XA1, V-III, MS-S2	Cast bodies of abutments of concrete class C30/37, XC4, XD3, XA1, V-III, MS-S2	m^3	331.00	27,600.00	9,135,600.00
2/1.1.20.3.4		Крила и крилни зидови опораца од бетона класе C25/30, XC4, XD3, XA1, V-III, MS-S2	Cast wings and wing walls of abutments of concrete class C30/37, XC4, XD3, XA1, V-III,	m^3	33.00	27,600.00	910,800.00
2/1.1.20.3.5		Квадери од бетона класе C35/45, XC3, XD1, XF1, V-II	Bearing pedestals of concrete class C35/45, XC3, XD1, XF1, V-II	m^3	2.00	30,600.00	61,200.00
		Распонска конструкција моста од армираног бетона	**Bridge constructions in spans of reinforced concrete**				
2/1.1.20.3.6		Коловозна плоча C35/45, XC3, XD1, XF1, V-II	Bridge deck class C35/45, XC3, XD1, XF1, V-II	m^3	215.00	30,600.00	6,579,000.00
2/1.1.20.3.7		Ревизионе стазе са ивичним венцима и парапетима за корито баласта од бетона класе C35/45, XC3, XD1, XF1, V-II	Revision footway with cornices and parapets for ballast bad of concrete class C35/45, XC3, XD1, XF1, V-II	m^3	9.00	37,200.00	334,800.00

ПРОЈЕКАТ ЗА ГРАЂЕВИНСКУ ДОЗВОЛУ
ПРУГА: НОВИ САД - СУБОТИЦА - ДРЖАВНА ГРАНИЦА (Келеби
КЊИГА 2/1.1.20: ПРОЈЕКАТ МОСТА
на km 110+351.21

DESIGN FOR BUILDING PERMIT
RAILWAY LINE: NOVI SAD - SUBOTICA - STATE BORDER (Kelebia)
BOOK 2/1.1.20: BRIDGE DESIGN
at km 110+351.21

Бр. поз. No.		Опис радова	Description	Јед. мере Unit	Количина Quantity	Јед. цена (дин) Unit rate (Din)	Цена (дин) (Din) Price
					A	B	A x B
		УКУПНО БЕТОНСКИ РАДОВИ:	**TOTAL FOR CONCRETING:**				**29,986,200.00**

ПРОЈЕКАТ ЗА ГРАЂЕВИНСКУ ДОЗВОЛУ
'УГА: НОВИ САД - СУБОТИЦА - ДРЖАВНА ГРАНИЦА (Келеби
КЊИГА 2/1.1.20: ПРОЈЕКАТ МОСТА
на km 110+351.21

DESIGN FOR BUILDING PERMIT
RAILWAY LINE: NOVI SAD - SUBOTICA - STATE BORDER (Kelebia)
BOOK 2/1.1.20: BRIDGE DESIGN
at km 110+351.21

Бр. поз. No.		Опис радова	Description	Јед. мере Unit	Количина Quantity	Јед. цена (дин) Unit rate (Din)	Цена (дин) Price (Din)
					A	B	A x B
2/1.1.20.4		**РАДОВИ ОД МЕТАЛА**	**METALWORK**				
		Све позиције обухватају описе појединачних ставки и следеће заједничке услове: - Армирачки радови ће бити изведени у све му по пројекту, статичком прорачуну и важећ им правилницима. Цене садрже све радне о перације, утрошке материјала, помоћни ал ат и скеле . - Арматуру очистити од рђе и прљавштине, исправити, исећи, савити и уградити по дета љима (арамтурним нацртима) и статичком п рорачуну. - За квалитет уграђене арматуре одговара и звођач радова. - Јединична цена садржи и постављање под метача од челика,пластике или бетона за по стизање предвиђених заштитних слојева и п равилног положаја арматуре у конструкцији. Сва подеона арматура и узенгије ће бити чв рсто везани за главну арматуру тако да не м оже доћи до промене положаја арматуре за време бетонирања конструкције. - Стварно уграђена количина арматуре обр ачунава се по kg без обзира на сложеност и пречнике шипки арматуре. - Обрачун количина извршити према таблич ним тежинама арматуре и дужинама	All items include its own descriptions and the following common conditions: - Reinforcement shall be done in strict accordance with the design, structural analysis and the relevant regulations. The prices shall cover all operations, consumed materials, tools and scaffolds. - Rebars shall be cleaned from rust and dirt, straightened, cut, bent and positioned as detailed in reinforcement plans and structural analysis. - The Contractor shall be responsible for the quality of installed rebars. - The unit price shall also cover steel, plastic or concrete pads for ensuring proper covers and positions of bars. Lateral rebars and stirrups shall be firmly fixed to main rebars to prevent change of positions during concreting. - The actual quantity of rebars of all classes shall be measured per kg regardless of their complexity and diameters. - Measurement will be done according to tabulated weights of bars and lengths indicated in reinforcement plans.				
2/1.1.20.4.1		Набавка, чишћење, сечење, машинско савиј ање и монтажа арматуре према пропису, пр ојекту и статичким детаљима. Плаћа се по kg уграђене арматуре.	Purchase, wire brush, cut, bend mechanically and position bars according to the regulation, the design and the static detailed drawings. Payment per kg of positioned bars.				
		Ребраста арматура B 500B	Ribbed reinforcement B 500B	kg	221,977.00	120.00	26,637,240.00
		УКУПНО АРМИРАЧКИ РАДОВИ:	**TOTAL METALWORK:**				**26,637,240.00**

ПРОЈЕКАТ ЗА ГРАЂЕВИНСКУ ДОЗВОЛУ
ПРУГА: НОВИ САД - СУБОТИЦА - ДРЖАВНА ГРАНИЦА (Келеби
КЊИГА 2/1.1.20: ПРОЈЕКАТ МОСТА
на km 110+351.21

DESIGN FOR BUILDING PERMIT
RAILWAY LINE: NOVI SAD - SUBOTICA - STATE BORDER (Kelebia)
BOOK 2/1.1.20: BRIDGE DESIGN
at km 110+351.21

Бр. поз. No.		Опис радова	Description	Јед. мере Unit	Количина Quantity	Јед. цена (дин) Unit rate (Din)	Цена (дин) (Din) Price
					A	B	A x B
2/1.1.20.5		**КОНСТРУКЦИЈСКИ ЧЕЛИК**	**STRUCTURAL STEEL**				
		Елементи имају своје појединачне описе као и следеће опште услове: - Израда конструкцијског челика мора бити о бављена у складу са пројектом, статичким п рорачуном и релевантним прописима. Цена ће покрити све активности, утрошене матер ијале, алате и скеле. - Са челичних профила и лимова се мора оч истити рђа и прљавштина и морају бити исе чење, савијени и позиционирани као што је предвиђено у цртежима израде челичних ел емената и статичком прорачуну. - Извођач сноси одговорност за квалитет че личних профила и лимова. - Конструкцијски челик мора бити атестиран на узорцима који су наведени у одговарајући м техничким прописима за челичне профиле и лимове. - Цена по елементу ће такође покрити и дод атне, помоћне елементе (укруте и шарке) кој и се користе при изради конструкције, конст рукцијске спојеве (заварене и зашрафљене), клинове са главом и проверу заварених спој ева. - Одступања изведених радова морају бити проверена у складу са кодексом норматива	The items include its own descriptions and the following common conditions: - Structural steel construction shall be done in strict accordance with the design, structural analysis and the relevant regulations. The prices shall cover all operations, consumed materials, tools and scaffolds. - Steel sections and plates shall be cleaned from rust and dirt, cut, bent and positioned as detailed in steel fabrication drawings and structural analysis. - The Contractor shall be responsible for the quality of steel sections and plates. - Structural steel shall be tested on samples specified in the applicable Technical Code for steel sections and plates. - The unit price shall also cover auxiliary members (stiffeners and hinges) for the execution of the structure, structural joints (welded and bolted), headed studs and inspection of welded joints. - Tolerances of executed works shall be checked according to the Codes of practice and standards in civil engineering.				

ПРОЈЕКАТ ЗА ГРАЂЕВИНСКУ ДОЗВОЛУ
ПРУГА: НОВИ САД - СУБОТИЦА - ДРЖАВНА ГРАНИЦА (Келеби
КЊИГА 2/1.1.20: ПРОЈЕКАТ МОСТА
на km 110+351.21

DESIGN FOR BUILDING PERMIT
RAILWAY LINE: NOVI SAD - SUBOTICA - STATE BORDER (Kelebia)
BOOK 2/1.1.20: BRIDGE DESIGN
at km 110+351.21

Бр. поз. No.		Опис радова	Description	Јед. мере Unit	Количина Quantity	Јед. цена (дин) Unit rate (Din)	Цена (дин) (Din) Price
					A	B	A x B
2/1.1.20.5.1		**Челична мостовска конструкција:** - Glavni nosači, - Poprečni nosači, - Spregovi - Sa svim ukrućenjima i spojnim sredstvima <u>Klasa izrade konstrukcije:</u> EXC4-SRPS EN 1090-2 <u>Zaštita od korozije:</u> Priprema površina: Peskarenje do SA 2.5 (ISO 8501) Spoljne površine: sistem boja za kategoriju korozivnosti C5-I, Unutrašnje površine: sistem boja za kategoriju korozivnosti C3 prema SRPS ISO 12944 <u>Materijal čelične konstrukcije:</u> t≤20mm; S355 J2+N+Z15 20<t≤35mm; S355 J2+N+Z25 35<t; S355 K2+N+Z25 Pozicija podrazumeva: Nabavku materijala, izradu, transport, montažu i zaštitu od korozije čelične mostovske konstrukcije u svemu prema detaljima iz projekta i važećim standardima.	**Bridge steel structure:** - Main girders, - Cross beams, - Bracing - With all stiffeners and fasteners Execution class: EXC4-SRPS EN 1090-2 Corrosion protection: Surface preporation: Sandblasting SA 2.5 (ISO 8501) Outer surfaces: Paint system for corrosion class C5-I, Inner surfaces: Paint system for corrosion class C3, acc to SRPS ISO 12944 Material: t≤20mm; S355 J2+N+Z15 20<t≤35mm; S355 J2+N+Z25 35<t; S355 K2+N+Z25 The item include: Purchase, fabrication, transport, erection and corrosion protection of steel bridge structure acc to design and valid standards. Item also includes all necessarry	t	395.00	360,000.00	142,200,000.00
		Moždanici Moždanici za vezu čelične konstrukcije i betonske kolovozne ploče. Pozicija podrazumeva nabavku i ugradnju. Moždanici tip: ISO13918:2007–SD1–22x200-B Zavarivanje prema: EN ISO 14555:2008	**Studs** Shear connectors for connection between steel structure and concrete deck. Item includs purchase and installation.. Type of studs: ISO13918:2007–SD1–22x200-B Welding acc to: EN ISO 14555:2008	kom	6,000.00	260.00	1,560,000.00

ПРОЈЕКАТ ЗА ГРАЂЕВИНСКУ ДОЗВОЛУ
'УГА: НОВИ САД - СУБОТИЦА - ДРЖАВНА ГРАНИЦА (Келеби
КЊИГА 2/1.1.20: ПРОЈЕКАТ МОСТА
на km 110+351.21

DESIGN FOR BUILDING PERMIT
RAILWAY LINE: NOVI SAD - SUBOTICA - STATE BORDER (Kelebia)
BOOK 2/1.1.20: BRIDGE DESIGN
at km 110+351.21

Бр. поз. No.		Опис радова	Description	Јед. мере Unit	Количина Quantity	Јед. цена (дин) Unit rate (Din)	Цена (дин) (Din) Price
					A	B	A x B
		Konstrukcija revizionih staza Klasa izrade konstrukcije: EXC4-SRPS EN 1090-2 Zaštita od korozije: Priprema površina: Peskarenje do SA 2.5 (ISO 8501) Spoljne površine: sistem boja za kategoriju korozivnosti C5-I, Materijal čelične konstrukcije: S235J2+N Pozicija podrazumeva: Nabavku materijala, izradu, transport, montažu i zaštitu od korozije čelične mostovske konstrukcije u svemu prema detaljima iz projekta i važećim standardima. Pozicija podruzema i sva neophodna ispitivanje za klasu izrade EXC4.	**Revision paths steel structure:** Execution class: EXC4-SRPS EN 1090-2 Corrosion protection: Surface preporation: Sandblasting SA 2.5 (ISO 8501) Outer surfaces: Paint system for corrosion class C5-I, Material: S235J2+N The item include: Purchase, fabrication, transport, erection and corrosion protection of steel bridge structure acc to design and valid standards. Item also includes all necessarry tests for execution class EXC4.	t	18.00	290,000.00	5,220,000.00
		Rešetkasta gazišta na revizionim stazama Toplo cinkovana rešetkasta gazišta od punih limova tipa *giterrost* . Gazišta trebaju biti u čeličnim okvirim od L30x30x3 profila. Minimalna deblina gazišta:30mm Maksimalna veličina okca: 30x30mm Materijal: S235JR Pozicija podrazumeva: Nabavku materijala, izradu, transport, montažu i zaštitu od korozije čelične konstrukcije.	**Latice treads on revision pats** Hot deep galvanized lattice treads made of full plates giterrost type. Treads shuld be in frames of L30x30x3 profiles Mini tread thickness:30mm Max opening: 30x30mm Material: S235JR Pozicija podrazumeva: Nabavku materijala, izradu, transport, montažu i zaštitu od korozije čelične konstrukcije.	m^2	116.00	21,000.00	2,436,000.00
		УКУПНО КОНСТРУКЦИЈСКИ ЧЕЛИК:	**TOTAL STRUCTURAL STEEL:**				**151,416,000.00**

ПРОЈЕКАТ ЗА ГРАЂЕВИНСКУ ДОЗВОЛУ
ПРУГА: НОВИ САД - СУБОТИЦА - ДРЖАВНА ГРАНИЦА (Келеби
КЊИГА 2/1.1.20: ПРОЈЕКАТ МОСТА
на km 110+351.21

DESIGN FOR BUILDING PERMIT
RAILWAY LINE: NOVI SAD - SUBOTICA - STATE BORDER (Kelebia)
BOOK 2/1.1.20: BRIDGE DESIGN
at km 110+351.21

Бр. поз. No.		Опис радова	Description	Јед. мере Unit	Количина Quantity	Јед. цена (дин) Unit rate (Din)	Цена (дин) (Din) Price
					A	B	A x B
2/1.1.20.6		**ИЗОЛАТЕРСКИ РАДОВИ**	**WATERPROOFING**				
		- Сви изолатерски радови морају бити изведени педантно и тачно према захтевима из пројекта, предрачуна радова и детаљима. - Употребљени материјали морају одговарати важећим стандардима и прописима, снабдевени атестима овлашћене установе, проверени у употребу, трајни колико и објекат или пројектовани тако да је њихова замена могућа. - Све грешке на конструкцији морају се на одговарајући начин отклонити или санирати пре почетка наношења изолационог материјала. - У јединичну цену је урачуната набавка свог потребног материјала, алата, транспорт и израда. - Плаћа се за потпуно готов посао по m^2 урађене изолације и/или заштите.					
2/1.1.20.6.1		Израда хидроизолације од једног хладног премаза битулитом и једног премаза врућим битуменом бетонских површина које су у контакту са земљом.	Apply waterproofing of one cold coat of bitumen emulsion and one hot bitumen coat onto concrete surfaces in contact with ground.	m^2	544.00	1,200.00	652,800.00
2/1.1.20.6.2		Израда заштите бетонских површина заштитним хидрофобним премазом за бетон, на бази пенетрата. Површине морају бити претходно очишћене и суве. Премазивање подразумева заштиту и импрегнацију свих видљивих бетонских површина моста које су у додиру са атмосферским утицајима. Позиција се односи на стубове и доњу страну коловозне плоче.	Protect concrete surfaces with protective hydrophobic penetrat-based coats. Surfaces shall be clean and dry prior to application. This means that all visible concrete surfaces on the bridge exposed to atmosphere shall be coated for the purpose of protection and impregnation. Item includs abutments and bottom sid of concrete deck.	m^2	877.00	2,000.00	1,754,000.00
2/1.1.20.6.3		Заштитни премаз бетона на пешачким стазама, степеницама и подестима, d=3-3.5 mm, формираног од 4 слоја:епокси прајмер, водоотпорни слој пур смоле, основни премаз пур смоле(полиуретан) са кварц песком (0.5-1 mm) и завршни слој пур смоле.	Apply protective coats onto concrete surface on footways, steps and landings, 3-3.5 mm thick, 4-ply of epoxy primer, water repellent pur resin, base coat of pur resin (polyurethane) with quartz sand (0.5-1 mm) and top coat of pur resin.	m^2	21.00	2,500.00	52,500.00
2/1.1.20.6.4		Израда хидроизолације горње плоче на бази метил метакрилата, прскањем под притиском. Радови по овој позицији се изводе у складу са техничким условима и нормативима за ову врсту послова као и по технологији произвођача. У цену су у рачунати набавка материјала, тр	Spray under pressure methyl metacrylate-based waterproofing layer under ballast bed. Work shall be done according to relevant technical conditions and standards and the manufacturer's technology. The price shall cover procurement, transport and placing of materials.	m^2	695.00	4,150.00	2,884,250
		УКУПНО ИЗОЛАТЕРСКИ РАДОВИ:	**TOTAL WATERPROOFING:**				**5,343,550.00**

ПРОЈЕКАТ ЗА ГРАЂЕВИНСКУ ДОЗВОЛУ
ПРУГА: НОВИ САД - СУБОТИЦА - ДРЖАВНА ГРАНИЦА (Келеби
КЊИГА 2/1.1.20: ПРОЈЕКАТ МОСТА
на km 110+351.21

DESIGN FOR BUILDING PERMIT
RAILWAY LINE: NOVI SAD - SUBOTICA - STATE BORDER (Kelebia)
BOOK 2/1.1.20: BRIDGE DESIGN
at km 110+351.21

Бр. поз. No.		Опис радова	Description	Јед. мере Unit	Количина Quantity	Јед. цена (дин) Unit rate (Din)	Цена (дин) (Din) Price
					A	B	A x B
2/1.1.20.7		**ЛЕЖИШТА И ДИЛАТАЦИЈЕ**	**BEARINGS AND EXPANSION JOINTS**				
		Израда и постављање лончастих лежишта. Плаћа се по комаду угрђеног лежишта. Напомена: - X правац-у правцу осе моста - Y правац-попречно на осу моста - Z правац-вертикалан Детаљан приказ сила у лежиштима је дат у статичком прорачуну Сва лежишта морају одговарати одредбама SRPS EN 1337	Cast and position reinforced elastomer pot bearings. Payment installed bearing. Note: - X direction-direction of bridge axis - Y direction-direction perpendicular to bridge axis - Z direction-vertical For detail overview of bearig forces see structural analysis. All bearings should comply SRPS EN 1337				
2/1.1.20.7.1		**Лежиште 1.1, Стуб С1** непокретно лежиште Сервисне силе: Vs=9000kN Hs=1500kN Hseismic=2000kN	**Bearing 1.1, Abutment S1** fixed bearing Service forces: Vs=9000kN Hs=1500kN Hseismic=2000kN	kom	1.00	450,000.00	450,000.00
		Лежишта 1.2,1.3, Стуб С1 лежишта покретна у свим правцима Сервисне силе: Vs=1000kN Капацитет померања: X правац: ±30mm Y правац: ±30mm	**Bearings 1.2,1.3, Abutment S1** Bearings moovable in all directions Service forces: Vs=1000kN Displacement capacity: X direction: ±30mm Y direction: ±30mm	kom	2.00	140,000.00	280,000.00
		Лежиште 1.4, Стуб С1 лежиште покретно у попречном (Y) правцу Сервисне силе: Vs=9000kN Hs=1500kN Hseismic=1900kN Капацитет померања: Y правац: ±30mm	**Bearing 1.4, Abutment S1** bearing moovable in Y dirrection Service forces: Vs=9000kN Hs=1500kN Hseismic=1900kN Displacement capacity: Y direction: ±30mm	kom	1.00	450,000.00	450,000.00

ПРОЈЕКАТ ЗА ГРАЂЕВИНСКУ ДОЗВОЛУ
ПРУГА: НОВИ САД - СУБОТИЦА - ДРЖАВНА ГРАНИЦА (Келеби
КЊИГА 2/1.1.20: ПРОЈЕКАТ МОСТА
на km 110+351.21

DESIGN FOR BUILDING PERMIT
RAILWAY LINE: NOVI SAD - SUBOTICA - STATE BORDER (Kelebia)
BOOK 2/1.1.20: BRIDGE DESIGN
at km 110+351.21

Бр. поз. No.		Опис радова	Description	Јед. мере Unit	Количина Quantity	Јед. цена (дин) Unit rate (Din)	Цена (дин) (Din) Price
					A	B	A x B
		Лежиште 2.1, Стуб С2 подужно покретно ležište Сервисне силе: Vs=9000kN Hs=600kN Hseismic=1900kN Капацитет померања: X правац: ±100mm	**Bearing 2.1, Abutment S2** Moovable in longitudinal direction Service forces: Vs=9000kN Hs=600kN Hseismic=1900kN Displacement capacity: X direction: ±100mm	kom	1.00	450,000.00	450,000.00
		Лежишта 2.2,2.3, Стуб С2 лежишта покретна у свим правцима Servisne sile: Vs=1000kN Капацитет померања: X правац: ±100mm Y правац: ±30mm	**Bearings 2.2,2.3, Abutment S2** Bearings moovable in all directions Service forces: Vs=1000kN Displacement capacity: X direction: ±100mm Y direction: ±30mm	kom	2.00	140,000.00	280,000.00
		Лежиште 2.4, Стуб С2 лежиште покретно у свим правцима Сервисне силе: Vs=9000kN Капацитет померања: X правац: ±100mm Y правац: ±30mm	**Bearing 2.4, Abutment S2** bearing moovable in all dirrections Service forces: Vs=9000kN Displacement capacity: X direction: ±100mm Y direction: ±30mm	kom	1.00	450,000.00	450,000.00
		Набавка и уградња еластомерне дилатацији оне спојнице на стубу С1 у свему према Ril 804. Капацитет померања: ±30mm Плаћа се по m' уграђено дилатационе спојни	Purchase and installation of reinforced elastomer expansion joint at abutmnet S1 acc to Ril 804. Displacement capacity: ±30mm Payment per m' of installed expansion joint	m'	10.80	180,000.00	1,944,000.00
		Набавка и уградња еластомерне дилатацији оне спојнице на стубу С2 у свему према Ril 804. Капацитет померања: ±100mm	Purchase and installation of reinforced elastomer expansion joint at abutmnet S2 acc to Ril 804. Displacement capacity: ±100mm	m'	10.80	240,000.00	2,592,000.00
		УКУПНО ЛЕЖИШТА И ДИЛАТАЦИЈЕ:	**OTAL BEARINGS AND EXPANSION JOINTS:**				**6,896,000.00**

ПРОЈЕКАТ ЗА ГРАЂЕВИНСКУ ДОЗВОЛУ
ПРУГА: НОВИ САД - СУБОТИЦА - ДРЖАВНА ГРАНИЦА (Келеби
КЊИГА 2/1.1.20: ПРОЈЕКАТ МОСТА
на km 110+351.21

DESIGN FOR BUILDING PERMIT
RAILWAY LINE: NOVI SAD - SUBOTICA - STATE BORDER (Kelebia)
BOOK 2/1.1.20: BRIDGE DESIGN
at km 110+351.21

Бр. поз. No.		Опис радова	Description	Јед. мере Unit	Количина Quantity	Јед. цена (дин) Unit rate (Din)	Цена (дин) (Din) Price
					A	B	A x B
2/1.1.20.8		**ОСТАЛИ РАДОВИ**	**MISCELLANEOUS**				
		За све позиције наведених радова важи: * у цену је урачуната набавка свог потребног материјала, алата, механизације, транспорт, израда и монтажа према пројекту, а за комплетно завр шен посао					
2/1.1.20.8.1		Постављање еластичног тепиха (простирке) за заштиту од буке и пригушење вибрација, између засторне призме и бетонске конструк ције. У цену урачуната набавка, транспорт и уградња. Плаћа се по m^2 постављене еластичне простирке.	An elastic mat for noise protection and vibration damping shall be placed between the ballast prism and concrete structure. The price includes the procurement, transport and installation. Payment per m^2 of installed elastic mat.	m^2	681.00	6,000.00	4,086,000
2/1.1.20.8.2		Израда и постављање ограде од челика S235JR. У цену је урачуната набавка материјала, изр ада, транспорт, монтажа, антикорозиона за штита са два основна и два завршна премаз а покривном бојом, а у свему према пројект у.	Assemble and erect railing and fence of S235JR steel. The price includes purchase of material, assembly transport, erection, anticorrosive protection of two primers and two top coats of paint, fully as designed. Payment per kg of railing/fence.				
2/1.1.20.8.3		-цевне или од профила	- tubular railing or sections	kg	5,968.00	250.00	1,492,000.00
2/1.1.20.8.5		Испитивање готовог моста.	Test the newly built bridge.		паушално / lump sum		1,500,000.00
2/1.1.20.8.6		Фотографско снимање у току изградње мост	Make photo records in the course bridge building		паушално / lump sum		150,000.00
2/1.1.20.8.7		Израда и уграђивање плоче са годином изгр адње моста.	Prepare and fix a plate inscribed with the year of bridge building.		паушално / lump sum		15,000.00
.							
		УКУПНО ОСТАЛИ РАДОВИ:	**TOTAL MISCELLANEOUS:**				**7,243,000.00**

ПРОЈЕКАТ ЗА ГРАЂЕВИНСКУ ДОЗВОЛУ
'УГА: НОВИ САД - СУБОТИЦА - ДРЖАВНА ГРАНИЦА (Келеби
КЊИГА 2/1.1.20: ПРОЈЕКАТ МОСТА
на km 110+351.21

DESIGN FOR BUILDING PERMIT
RAILWAY LINE: NOVI SAD - SUBOTICA - STATE BORDER (Kelebia)
BOOK 2/1.1.20: BRIDGE DESIGN
at km 110+351.21

Бр. поз. No.		Опис радова	Description	Јед. мере Unit	Количина Quantity	Јед. цена (дин) Unit rate (Din)	Цена (дин) (Din) Price
					A	B	A x B

ЗБИРНА РЕКАПИТУЛАЦИЈА GRAND SUMMARY

2/1.1.20.1		ИЗВОЂЕЊЕ HW ШИПОВА	CONSTRUCTION OF HW PILES	30,984,520.00
2/1.1.20.2		ЗЕМЉАНИ РАДОВИ	EARTHWORKS	19,493,920.00
2/1.1.20.3		БЕТОНСКИ И АРМИРАНОБЕТОНСКИ РАДО	PLAIN AND REINFORCED CONCRETE	29,986,200.00
2/1.1.20.4		РАДОВИ ОД МЕТАЛА	METALWORK	26,637,240.00
2/1.1.20.5		КОНСТРУКЦИЈСКИ ЧЕЛИК	STRUCTURAL STEEL	151,416,000.00
2/1.1.20.6		ИЗОЛАТЕРСКИ РАДОВИ	WATERPROOFING	5,343,550.00
2/1.1.20.7		ЛЕЖИШТА И ДИЛАТАЦИЈЕ	BEARINGS AND EXPANSION JOINTS	6,896,000.00
2/1.1.20.8		ОСТАЛИ РАДОВИ	MISCELLANEOUS	7,243,000.00

УКУПНО (дин): **GRAND TOTAL (Din):** **278,000,430.00**

Одговорни пројектант:

Зоран Луковић, дипл. грађ. инж.
лиценца бр: 310 3032 03

Responsable designer:

Zoran Luković, grad. civ. eng.
Licence no.: 310 3032 03

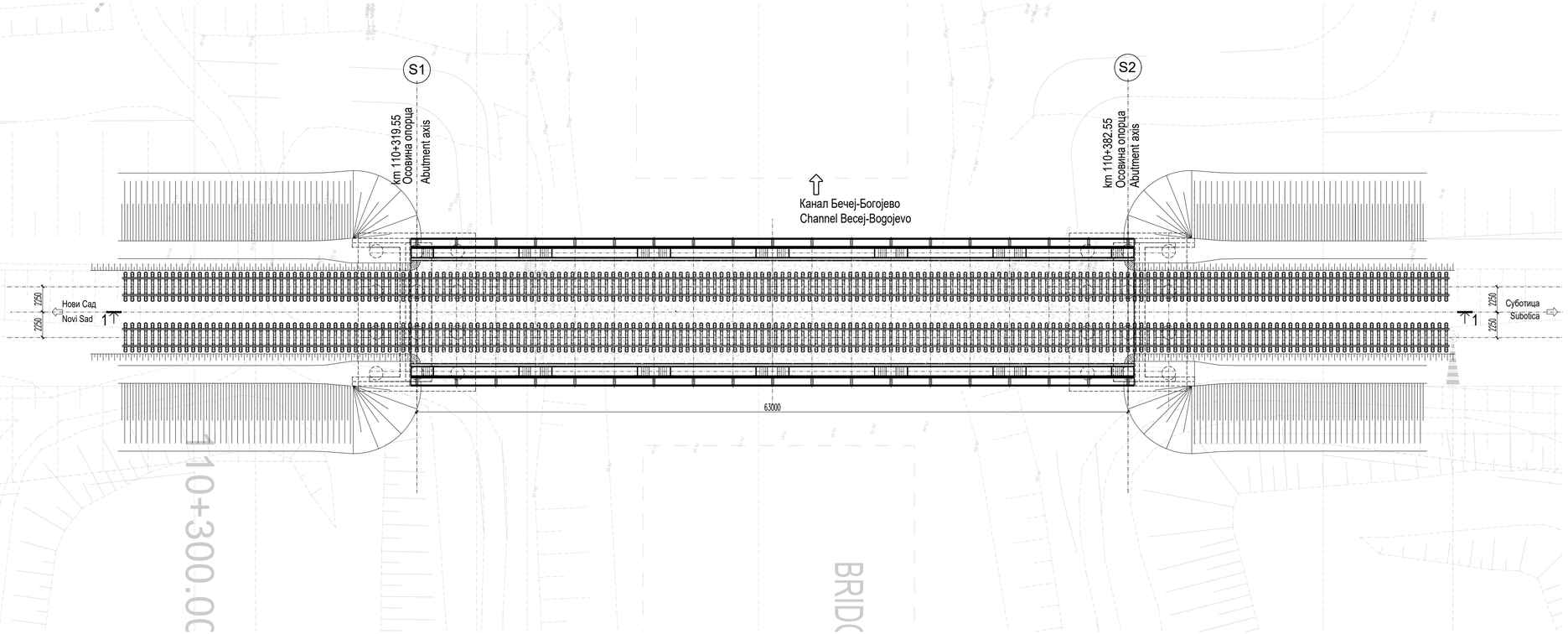
2/1.1.20.7 ГРАФИЧКА ДОКУМЕНТАЦИЈА

МОСТ y km 110+351.21

BRIDGE at km 110+351.21

ПОСТОЈЕЋИ СИТУАЦИОНИ ПЛАН СА ПОЛОЖАЈЕМ НОВОГ МОСТА
EXISTING SITUATION PLAN WITH THE POSITION OF NEW BRIDGE

Sc/R 1:250



03		
02		
01		
Број/Number	*Датум* / Date	*Опис* / Description

Ревизиони блок: / Revision block:

China Railway Design Corporation Serbia
Ogranak Beograd
Косте Рацина 16б; 11000 Београд; Србија

Организациона јединица: ГРАЂЕВИНАРСТВО И САОБРАЋАЈ
Organization unit: DEPARTMENT OF CIVIL AND TRANSPORTATION

Одговорни пројектант:
Responsible designer:
Зоран Луковић, дипл.грађ.инж
лиценца број: / license No.: *310 3032 03*

Сарадници: / Associates:
Новак Веловић, дипл.грађ.инж
Нинослав Миленковић, дипл.грађ.инж
Ана Веловић, дипл.грађ.инж
Милена Милићевић, дипл.грађ.инж

Инвеститор пројекта/ Investor:
" ИНФРАСТРУКТУРА ЖЕЛЕЗНИЦЕ СРБИЈЕ " А.Д.
/ " INFRASTRUCTURE RAILWAYS OF SERBIA " JSC
Немањина 6/IV, Београд, / Nemanjina Street 6/IV, Belgrade

Наручилац пројекта: / Employer:
China Railway International Corporation Ltd.
No.10, Fuxing Road,Haidian District,Beijing
P.R China, 100844

China Communication Construction Company Ltd. (CCCC)
No.85 Deshengmenwai Street,Xicheng District,Beijing
P.R China, 100088

Објекат:/Structure:
ПРУГА БЕОГРАД - СУБОТИЦА - ДРЖАВНА ГРАНИЦА (КЕЛЕБИЈА)
ДЕОНИЦА: ПРУГЕ НОВИ САД - СУБОТИЦА - ДРЖАВНА ГРАНИЦА (КЕЛЕБИЈА)

BELGRADE - SUBOTICA - STATE BORDER (KELEBIA) RAILWAY LINE
SECTION : NOVI SAD - SUBOTICA - STATE BORDER (KELEBIA)

Део пројекта:/ Part of Design:
ПРОЈЕКАТ КОНСТРУКЦИЈА / DESIGN OF CONSTRUCTION

2/1.1.20 Пројекат моста на km 110+351.21

2/1.1.20 Bridge at km 110+351.21

Унутрашња контрола/ Internal control:
Hou Jieping. Master & Shi Wei. Bachelor

Главни пројектант/ Chief designer:
др Љиљана Милић Марковић, дипл.грађ.инж.

Руководилац организационе јединице:
Manager of organization unit:
др Љиљана Милић Марковић, дипл.грађ.инж.

Цртеж:/Drawing:
СИТУАЦИОНИ ПЛАН
SITUATION PLAN

Размера:
Scale:
1:250

Врста тех. док.:
Type of tech. docum.:
ПГД / DCP

Датум/date:
04.2021.

Цртеж бр/Drawing No.:
2020-001-ГС-2/1.1.20.Ц01

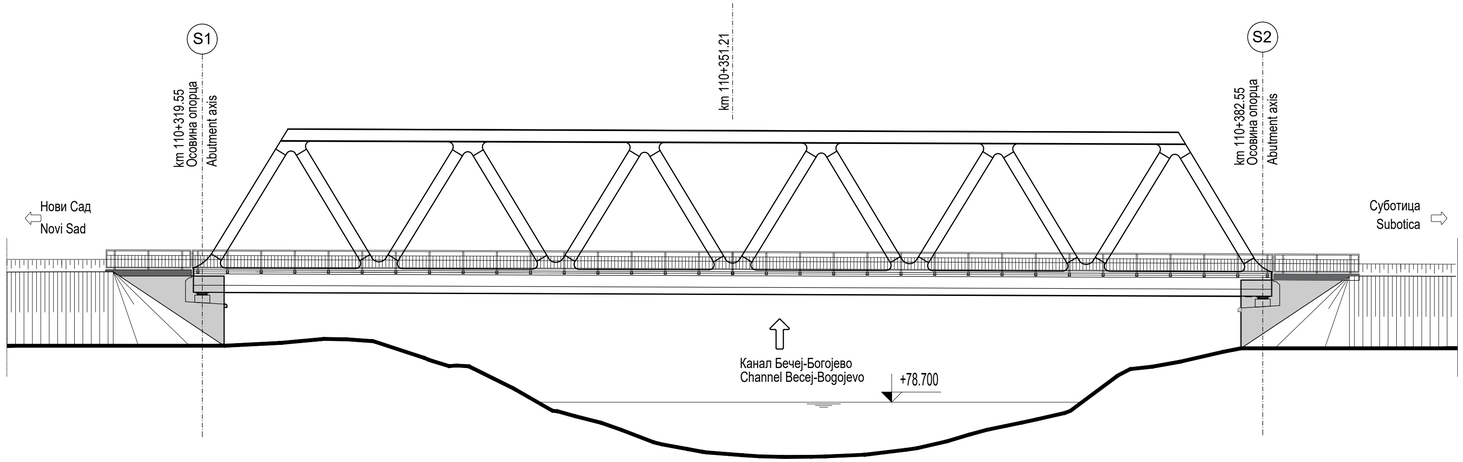
МОСТ у km 110+351.21

BRIDGE at km 110+351.21

ИЗГЛЕД МОСТА

SIDE VIEW

P/Sc 1:200



Број/Number	Датум / Date	Опис / Description
03		
02		
01		

Ревизиони блок: / Revision block:

China Railway Design Corporation Serbia
Ogranak Beograd
Косте Рацина 16б; 11000 Београд; Србија

Организациона јединица: ГРАЂЕВИНАРСТВО И САОБРАЋАЈ
Organization unit: DEPARTMENT OF CIVIL AND TRANSPORTATION

Одговорни пројектант:
Responsible designer:
Зоран Луковић, дипл.грађ.инж
лиценца број: / license No.: *310 3032 03*

Сарадници: / Associates:
Новак Веловић, дипл.грађ.инж
Нинослав Миленковић, дипл.грађ.инж
Ана Веловић, дипл.грађ.инж
Милена Милићевић, дипл.грађ.инж

Инвеститор пројекта/ Investor:
" ИНФРАСТРУКТУРА ЖЕЛЕЗНИЦЕ СРБИЈЕ " А.Д.
/ " INFRASTRUCTURE RAILWAYS OF SERBIA " JSC
Немањина 6/IV, Београд, / Nemanjina Street 6/IV, Belgrade

Наручилац пројекта: / Employer:
China Railway International Corporation Ltd.
No.10, Fuxing Road,Haidian District,Beijing
P.R China, 100844
China Communication Construction Company Ltd. (CCCC)
No.85 Deshengmenwai Street,Xicheng District,Beijing
P.R China, 100088

Објекат:/Structure:
ПРУГА БЕОГРАД - СУБОТИЦА - ДРЖАВНА ГРАНИЦА (КЕЛЕБИЈА)
ДЕОНИЦА ПРУГЕ: НОВИ САД - СУБОТИЦА - ДРЖАВНА ГРАНИЦА (КЕЛЕБИЈА)

BELGRADE - SUBOTICA - STATE BORDER (KELEBIA) RAILWAY LINE
SECTION : NOVI SAD - SUBOTICA - STATE BORDER (KELEBIA)

Део пројекта: / Part of Design:
ПРОЈЕКАТ КОНСТРУКЦИЈА / DESIGN OF CONSTRUCTION

2/1.1.20 Пројекат моста на km 110+351.21

2/1.1.20 Bridge at km 110+351.21

Унутрашња контрола / Internal control:
Hou Jieping. Master & Shi Wei. Bachelor

Главни пројектант / Chief designer:
др Љиљана Милић Марковић, дипл.грађ.инж.

Руководилац организационе јединице:
Manager of organization unit:
др Љиљана Милић Марковић, дипл.грађ.инж.

Цртеж: Drawing:
ИЗГЛЕД МОСТА
SIDE VIEW

Размера: Scale: 1:100

Врста тех. док.: Type of tech. docum.: ПГД / DCP

*Датум/*date: 04.2021.

*Цртеж бр*Drawing No.: 2020-001-ГС-2/1.1.20.Ц02

МОСТ у km 110+351.21
BRIDGE at km 110+351.21

ДИСПОЗИЦИЈА
GENERAL LAYOUT

Sc/R 1:100

GLAVNI NOSAČ / MAIN GIRDER

Donji pojas / Bottom cord	ELEMENT	U1, U2, U5, U6	U3, U4	MATERIJAL / MATERIAL
b1xt1 / b2xt2	GORNJA FLANŠA b1xt1/ TOP FLANGE b1xt1	800x20	800x25	t<20mm: S355 J2+N t>20mm: S355 J2+N+Z225
	DONJA FLANŠA b2xt2/ BOTTOM FLANGE b2xt2	1100x15	1100x20	
	REBRA hwtw/ WEBS hwtw	1430x15	1430x20	
	PODUŽNA UKRUTNJA REBARA/ WEBS LONGITUDINAL STIFFNERS	250x20	250x20	

Gornji pojas / Top cord	ELEMENT	O1, O5	O2, O3	O4	MATERIJAL / MATERIAL
b1xt1 / b2xt2	GORNJA FLANŠA b1xt1/ TOP FLANGE b1xt1	800x30	800x40	800x40	t<20mm: S355 J2+N t>20mm: S355 J2+N+Z225
	DONJA FLANŠA b2xt2/ BOTTOM FLANGE b2xt2	250x30	250x40	300x40	
	REBRA hwtw/ WEBS hwtw	730x25	730x25	730x30	

Dijagonale Diagonals	ELEMENT	ELEMENT POPREČNI PRESEK/CROSS SECTION			MATERIJAL / MATERIAL
b1xt1 / b2xt2		D1, D12	D2, D3,D10, D11	D4 - D9	t<20mm: S355 J2+N t>20mm: S355 J2+N+Z225
	FLANŠA b1xt1/ FLANGE b1xt1	800x40	650x25	550x20	
	REBRA hwtw/ WEBS hwtw	800x30	800x15	800x15	

POPREČNI NOSAČI / CROSS GIRDERS

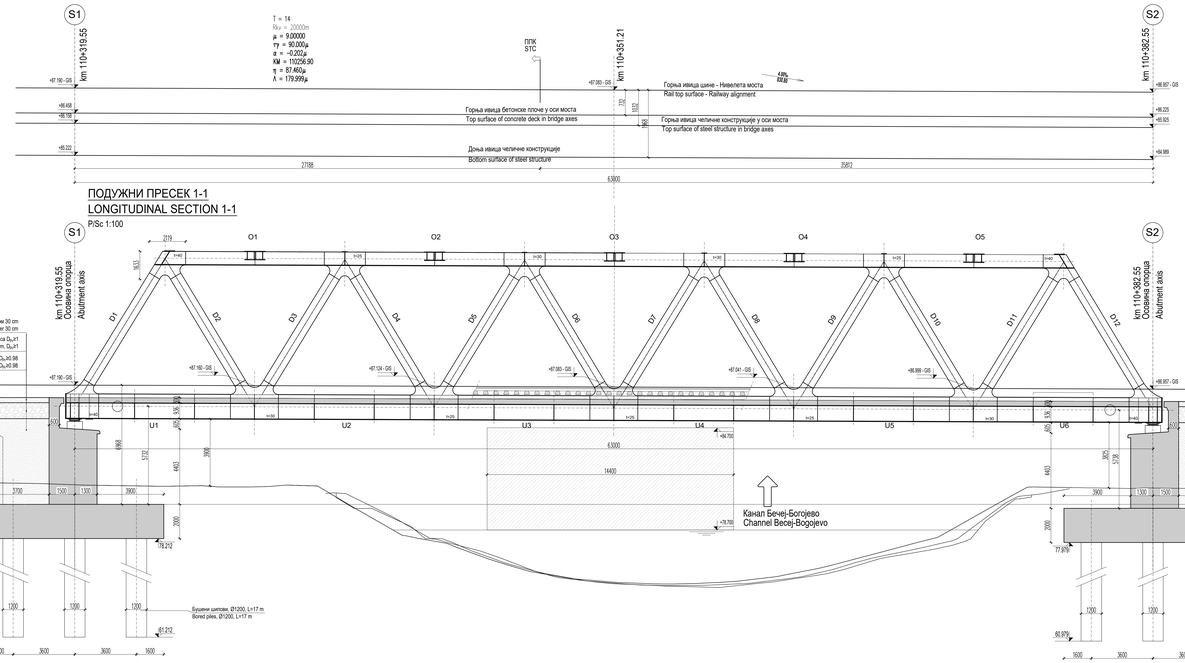
	ELEMENT		MATERIJAL/MATERIAL
Poprečni nosač PK1 / Cross Girder PK1	GORNJA FLANŠA/ TOP FLANGE	600x20	S355 J2+N+Z25
	REBRA/ WEBS	800~860x15	S355 J2+N+Z25
	DONJE FLANŠE/BOTTOM FLANGES	200x30	S355 J2+N+Z25
Poprečni nosač PK2 / Cross Girder PK2	GORNJA FLANŠA/ TOP FLANGE	300x15	S355 J2+N+Z25
	REBRO/ WEB	800~860x15	S355 J2+N+Z25
	DONJA FLANŠA/BOTTOM FLANGE	320x25	S355 K2+N+Z25

1. Стабилизација са везивом 30 cm
   Stabilization with binder 30 cm
2. Претходно насип набијен у слојевима од max. 30 cm, са D_{pr}≥1
   Backfill compacted in layers of max. 30 cm, D_{pr}≥1
3. Цементна стабилизација са 2-5-3% цемента, D_{pr}≥0.98
   Cement stabilization with 2-5-3% cement, D_{pr}≥0.98

Део конструкције/ Structural component	Материјал/ Material	Референтни стандард/ Referent standards
Челична конструкција/ Steel structure	S355 Dodatne oznake date uz preseka For additional marks see cross sections	SRPS EN 10025-1:2011 SRPS EN 10025-2:2020 SRPS EN 10025-3:2020 SRPS EN 10025-4:2013
Завртњи/ Bolts	HV10.9	SRPS EN 14399-1:2009 SRPS EN 14399-4:2015 SRPS EN 14399-6:2015
Можданици/ Studs	Automatski zavareni moždanici sa glavama Automatic welded headed studs	SRPS EN 13918:2018 SRPS EN 14555:2017
Бетон/ Concrete	Stubovi/Piles C30/37 XC2, XA1, V-II Naglavne grede/ Pile caps C30/37 XC2, XA1, V-II Stubovi/ Abutments C30/37 XC4, XD3, XA1, V-III, MS-S2 Kvaderi/Pedestals C35/45 XC3, XC1, XF1, V-II Kolovozna ploča/ Deck plate C35/45 XC3, XD1, XF1, V-II	SRPS EN 1992-1-1:2015
Арматура/ reinforcement	B500B	SRPS EN 10080:2008

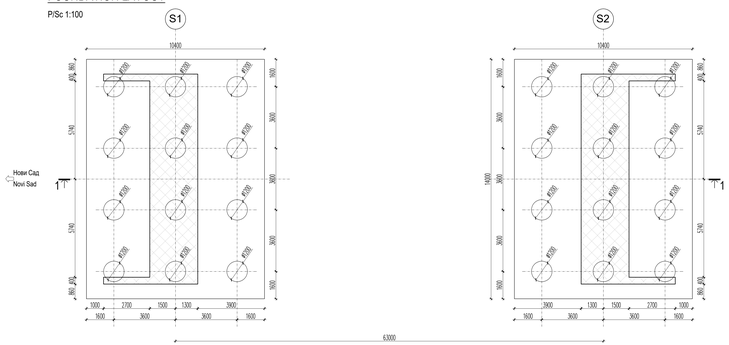
ПОДУЖНИ ПРЕСЕК 1-1
LONGITUDINAL SECTION 1-1

P/Sc 1:100



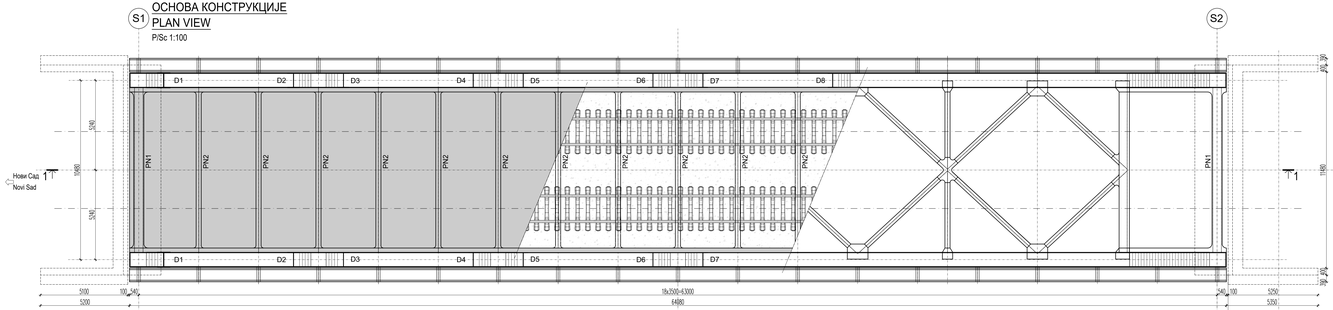
ОСНОВА ТЕМЕЉА
FOUNDATION LAYOUT

P/Sc 1:100

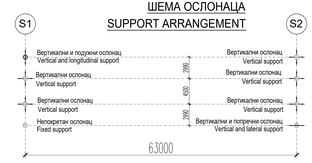


ОСНОВА КОНСТРУКЦИЈЕ
PLAN VIEW

P/Sc 1:100



ШЕМА ОСЛОНАЦА
SUPPORT ARRANGEMENT



03			
02			
01			
Број/Number	Датум/ Date	Опис / Description	

Ревизиони блок: / Revision block:

China Railway Design Corporation Serbia Ogranak Beograd
Косте Рашина 19Б, 11000 Београд, Србија

Организациона јединица: ГРАЂЕВИНАРСТВО И САОБРАЋАЈ
Organizacija jedinica: DEPARTMENT OF CIVIL AND TRANSPORTATION

Одговорни пројектант / Responsible designer:
Зоран Луковић, дипл.грађ.инж
лиценца број / license No. 310 3032 03

Сарадници / Associates:
Новак Вилошић, дипл.грађ.инж
Немоћлав Миленковић, дипл.грађ.инж.
Ана Вилошић, дипл.грађ.инж.
Милена Милићевић, дипл.грађ.инж.

Главни пројектант / Chief designer:
др Љиљана Милић Марковић, дипл.грађ.инж.

Руководилац организационог јединице / Responsible for organizational unit:
др Љиљана Милић Марковић, дипл.грађ.инж.

Контролисао / Internal control:
Hou Jieping, Master & Shi Wei, Bachelor

Пројекат / Project:
ПРУГА ДРЖАВНЕ ГРАНИЦЕ (МАЂАРСКА) - БЕОГРАД ЖЕЛЕЗНИЧКА СТАНИЦА
RAILWAY LINE: STATE BORDER (HUNGARY) - BELGRADE MARSHALLING YARD
Део пројекта / Part of Design:
ПРОЈЕКАТ КОНСТРУКЦИЈА / DESIGN OF CONSTRUCTION

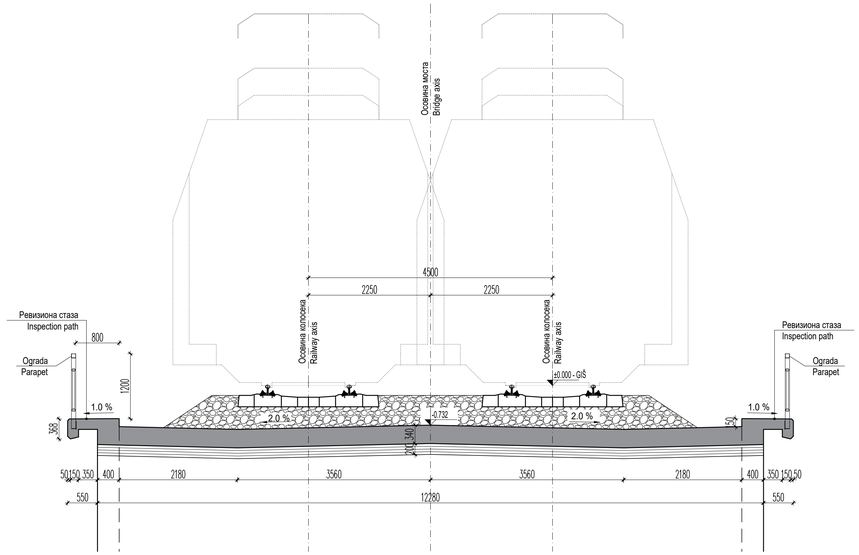
Назив цртежа / Drawing:
ДИСПОЗИЦИЈА / GENERAL LAYOUT

Размера / Scale: 1:100

Датум / Date: 04.2021

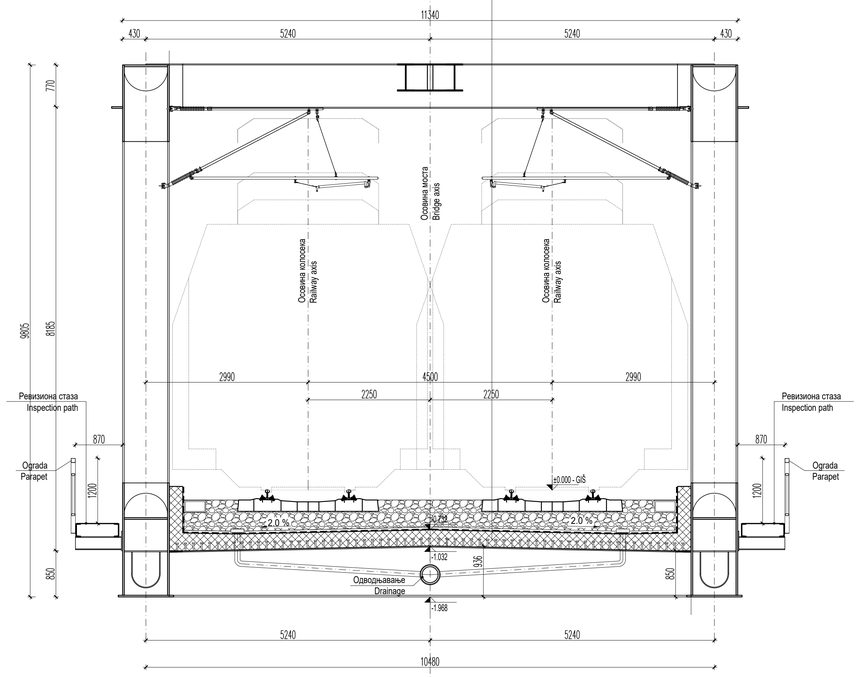
Број цртежа / Drawing No.: 2020-001-FC-211.1.20-LD23

ПРЕСЕК КРОЗ ОПОРАЦ
CROSS SECTION THROUGH ABUTMENT
P/Sc 1:50



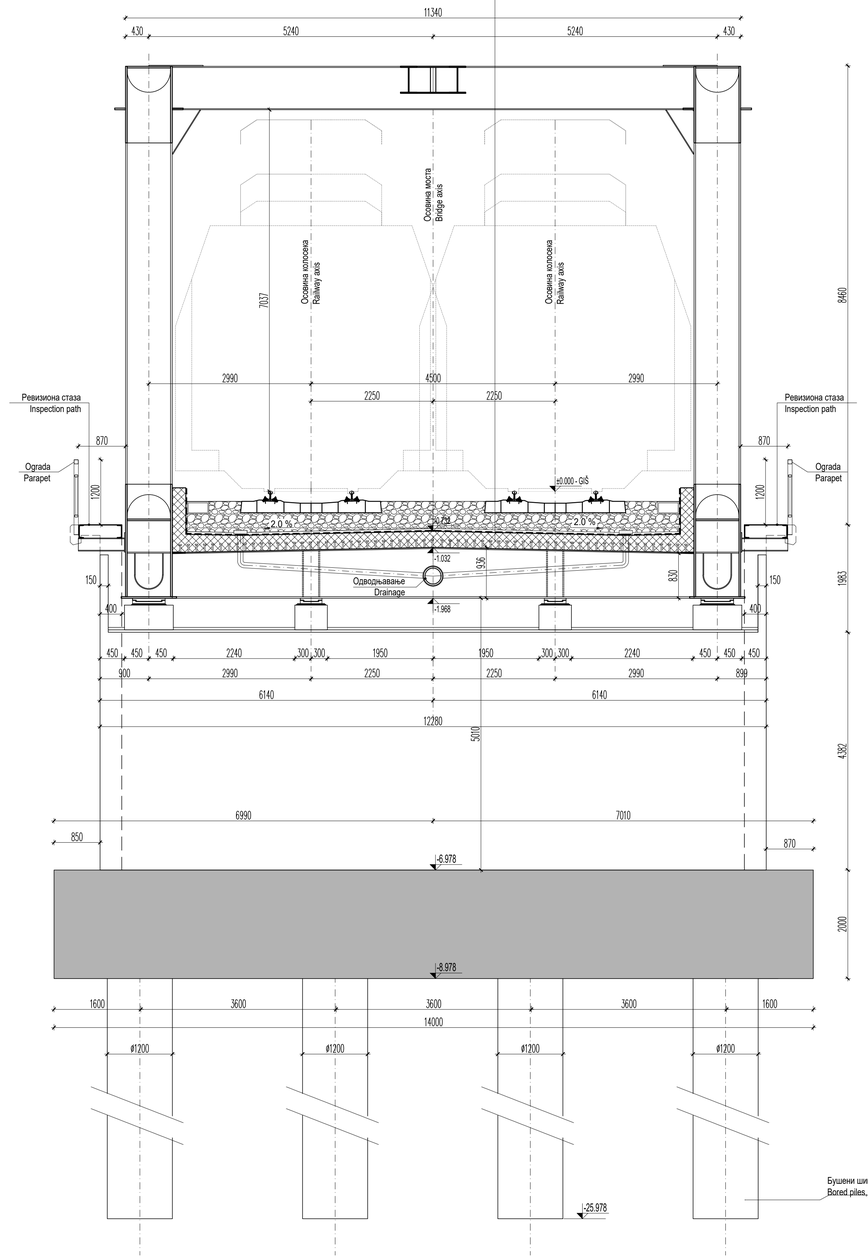
ПРЕСЕК У СРЕДИНИ ПОЉА
CROSS SECTION IN SPAN
P/Sc 1:50

1. Бетонски праг
   Concrete sleeper
2. Туцанички застор
   Ballast
3. Еластомерни тепих за редукцију буке и вибрације
   Elastomer mat for reduction of noise and vibrations
4. Хидроизолација
   Waterproofing
5. АБ плоча 30 cm
   RC slab 30 cm



ПРЕСЕК КОД ОПОРЦА
CROSS SECTION NEAR ABUTMENT
P/Sc 1:50

1. Бетонски праг
   Concrete sleeper
2. Туцанички застор
   Ballast
3. Еластомерни тепих за редукцију буке и вибрације
   Elastomer mat for reduction of noise and vibrations
4. Хидроизолација
   Waterproofing
5. АБ плоча 30 cm
   RC slab 30 cm



МОСТ у km 110+351.21
BRIDGE at km 110+351.21

ПОПРЕЧНИ ПРЕСЕЦИ
CROSS SECTIONS
P/Sc 1:50

Број/Number	Датум / Date	Опис / Description
03		
02		
01		

Ревизиони блок: / Revision block:

China Railway Design Corporation Serbia
Ogranak Beograd
Косте Рацина 166; 11000 Београд; Србија

Организациона јединица: ГРАЂЕВИНАРСТВО И САОБРАЋАЈ
Organization unit: DEPARTMENT OF CIVIL AND TRANSPORTATION

Одговорни пројектант: / Responsible designer:
Зоран Луковић, дипл.грађ.инж
лиценца број: / license No.: *310 3032 03*

Сарадници: / Associates:
Новак Веловић, дипл.грађ.инж
Нинослав Миленковић, дипл.грађ.инж
Ана Веловић, дипл.грађ.инж
Милена Милићевић, дипл.грађ.инж

Инвеститор пројекта/ Investor:
"ИНФРАСТРУКТУРА ЖЕЛЕЗНИЦЕ СРБИЈЕ" А.Д.
/ " INFRASTRUCTURE RAILWAYS OF SERBIA " JSC
Немањина 6/VI, Београд / Nemanjina Street 6/V, Belgrade

Подизвођач пројекта / Employer:
China Railway Islamabad Corporation Ltd.
No.10, Fuxing Road,Haidian District,Beijing
P.R China, 100844
China Communication Construction Company Ltd. (CCCC)
No.85, Deshengmenwai Street,Xicheng District,Beijing
P.R China, 100088

Објекат/Structure:
ПРУГА БЕОГРАД - СУБОТИЦА - ДРЖАВНА ГРАНИЦА (КЕЛЕБИЈА)
ДЕОНИЦА ПРУГЕ НОВИ САД - СУБОТИЦА - ДРЖАВНА ГРАНИЦА (КЕЛЕБИЈА)
BELGRADE - SUBOTICA - STATE BORDER (KELEBIA) RAILWAY LINE
SECTION : NOVI SAD - SUBOTICA - STATE BORDER (KELEBIA)

Део пројекта / Part of Design:
ПРОЈЕКАТ КОНСТРУКЦИЈА / DESIGN OF CONSTRUCTION

2/1.1.20 Пројекат моста на км 110+351.21
2/1.1.20 Bridge at km 110+351.21

Унутрашња контрола / Internal control:
Hou Jieping. Master & Shi Wei. Bachelor

Главни пројектант / Chief designer:
др Љиљана Милић Марковић, дипл.грађ.инж.

Руководилац организационе јединице:
Manager of organization unit:
др Љиљана Милић Марковић, дипл.грађ.инж.

Цртеж/ Drawing: ПОПРЕЧНИ ПРЕСЕЦИ / CROSS SECTIONS

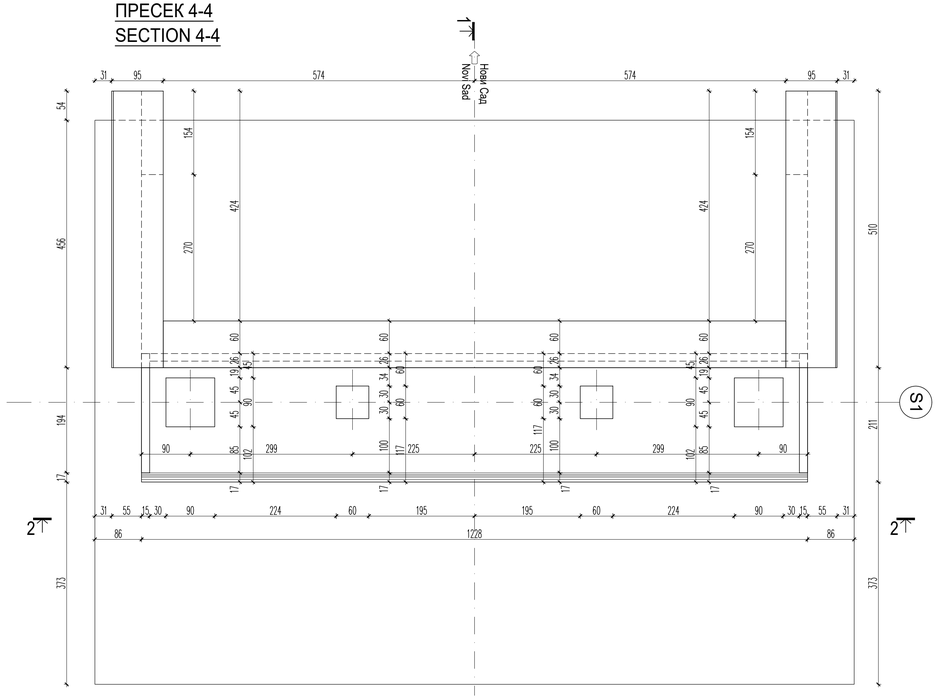
Размера: Scale: 1:50

Врста тех. док.: / Type of tech. docum.: ПГД / DCP

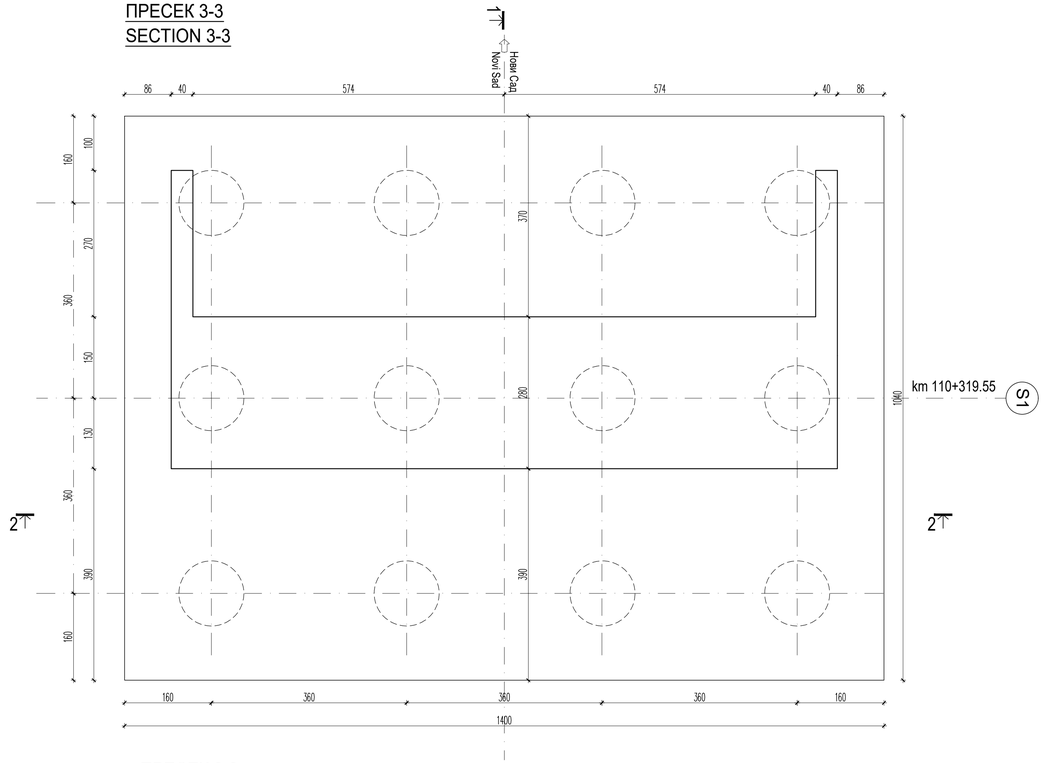
Датум/date: 04.2021.

Цртеж бр/Drawing No.: 2020-001-ГС-2/1.1.20 Ц04

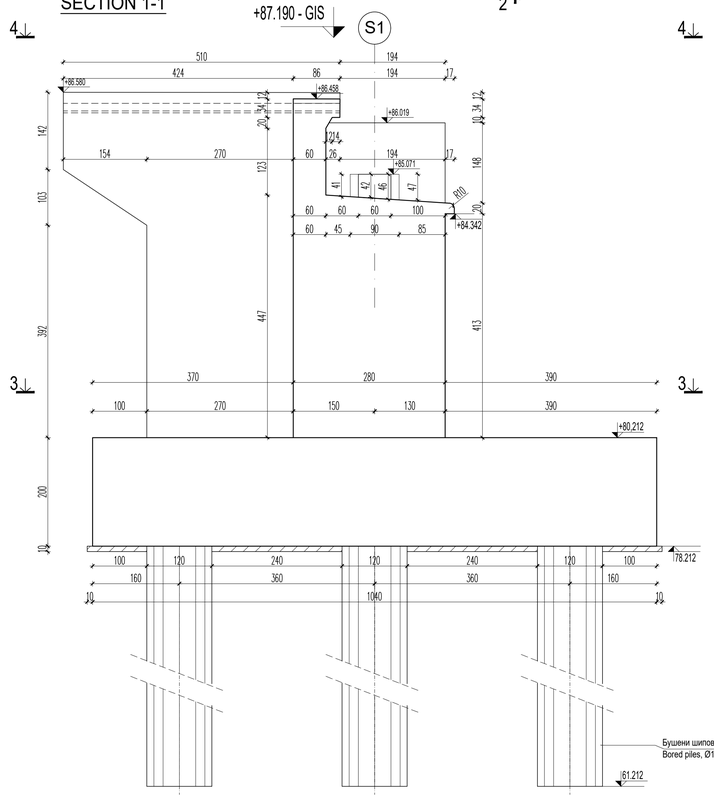
ПРЕСЕК 4-4
SECTION 4-4



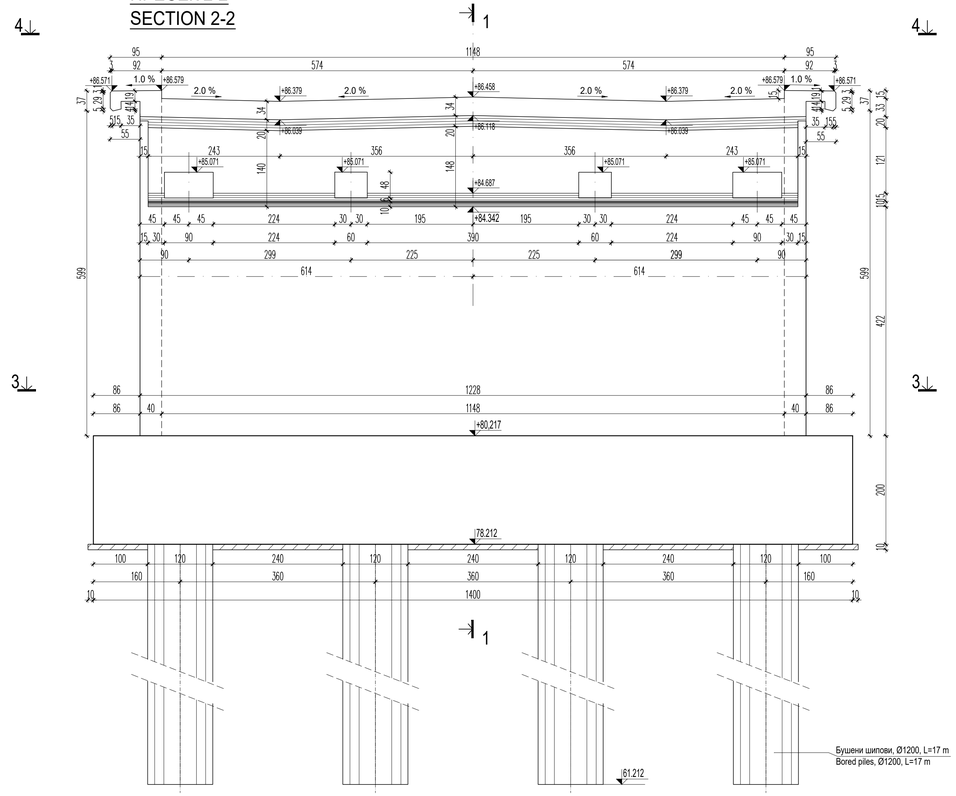
ПРЕСЕК 3-3
SECTION 3-3



ПРЕСЕК 1-1
SECTION 1-1



ПРЕСЕК 2-2
SECTION 2-2



МОСТ у km 110+351.21
BRIDGE at km 110+351.21

ОПЛАТА ОБАЛНОГ СТУБА С1
ABUTMENT FORMWORK S1

P/Sc 1:50

Број/Number	Датум / Date	Опис / Description
03		
02		
01		

Ревизиони блок: / Revision block:

China Railway Design Corporation Serbia
Ogranak Beograd
Косте Рацина 166; 11000 Београд; Србија

Организациона јединица: ГРАЂЕВИНАРСТВО И САОБРАЋАЈ
Organization unit: DEPARTMENT OF CIVIL AND TRANSPORTATION

Одговорни пројектант:
Responsible designer:
Зоран Луковић, дипл.грађ.инж
лиценца број: / license No.: *310 3032 03*

Сарадници: / Associates:
Новак Веловић, дипл.грађ.инж
Нинослав Миленковић, дипл.грађ.инж
Ана Веловић, дипл.грађ.инж
Милена Милићевић, дипл.грађ.инж

Инвеститор пројекта/ Investor:
"ИНФРАСТРУКТУРА ЖЕЛЕЗНИЦЕ СРБИЈЕ" А.Д.
/ " INFRASTRUCTURE RAILWAYS OF SERBIA " JSC
Немањина 6/IV, Београд / Nemanjina Street 6/IV, Belgrade

Подизвођач пројекта / Employer:
China Railway International Corporation Ltd.
No.10, Fuxing Road(Haidian District),Beijing
P.R China, 100844

China Communication Construction Company Ltd. (CCCC)
No.85, Deshengmenwai Street,Xicheng District,Beijing
P.R China, 100088

Објекат/Structure:
ПРУГА БЕОГРАД - СУБОТИЦА - ДРЖАВНА ГРАНИЦА (КЕЛЕБИЈА)
ДЕОНИЦА ПРУГЕ НОВИ САД - СУБОТИЦА - ДРЖАВНА ГРАНИЦА (КЕЛЕБИЈА)
BELGRADE - SUBOTICA - STATE BORDER (KELEBIA) RAILWAY LINE
SECTION : NOVI SAD - SUBOTICA - STATE BORDER (KELEBIA)

Део пројекта / Part of Design:
ПРОЈЕКАТ КОНСТРУКЦИЈА / DESIGN OF CONSTRUCTION

2/1.1.20 Пројекат моста на км 110+351.21
2/1.1.20 Bridge at km 110+351.21

Унутрашња контрола / Internal control:
Hou Jieping. Master & Shi Wei. Bachelor

Главни пројектант / Chief designer:
др Љиљана Милић Марковић, дипл.грађ.инж.

Руководилац организационе јединице:
Manager of organization unit:
др Љиљана Милић Марковић, дипл.грађ.инж.

Цртеж/ Drawing:
ОПЛАТА ОБАЛНОГ СТУБА С1
ABUTMENT FORMWORK S1

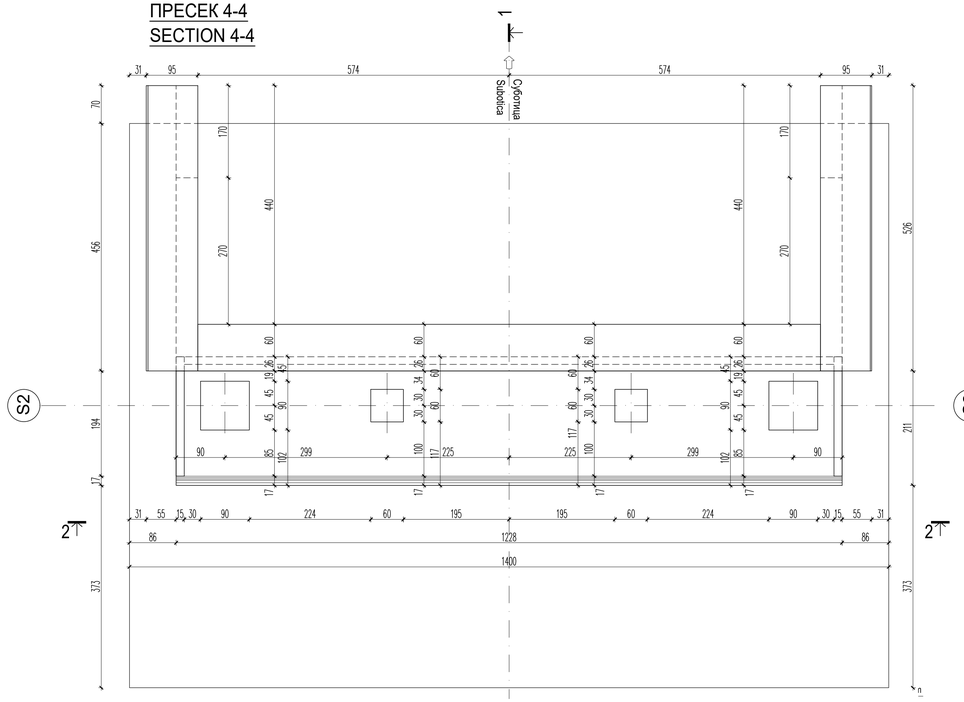
Размера: Scale: 1:50

Врста тех. док.: Type of tech. docum.: ПГД / DCP

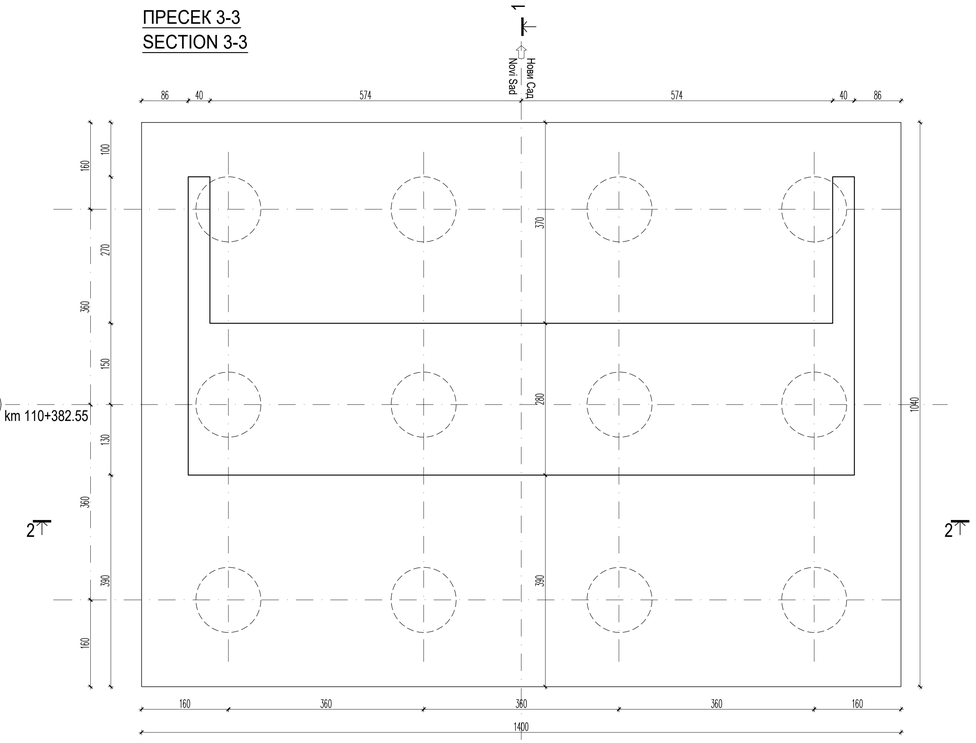
Датум/date: 04.2021.

Цртеж бр/Drawing No.: 2020-001-ГС-2/1.1.20.Ц05

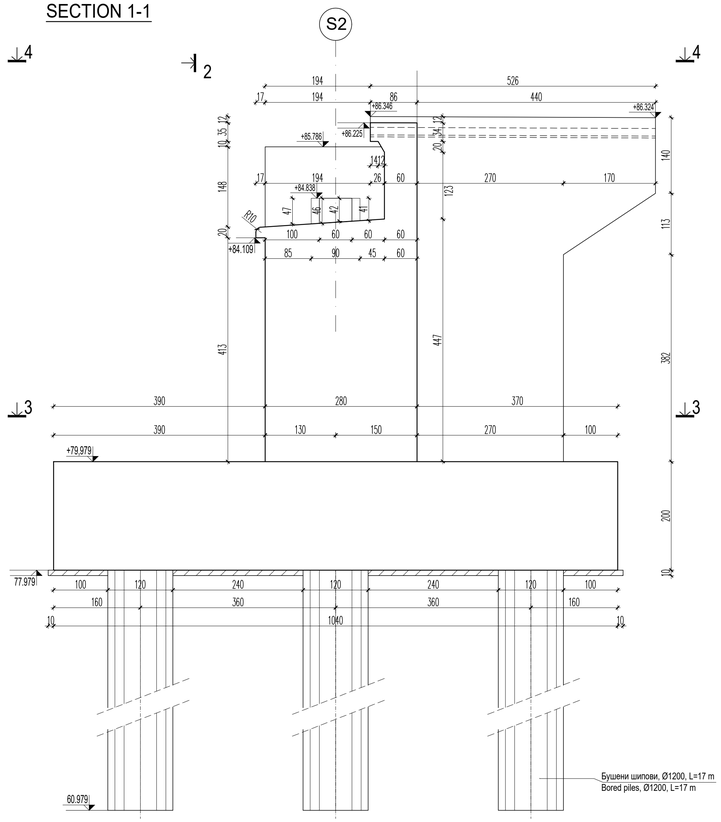
ПРЕСЕК 4-4
SECTION 4-4



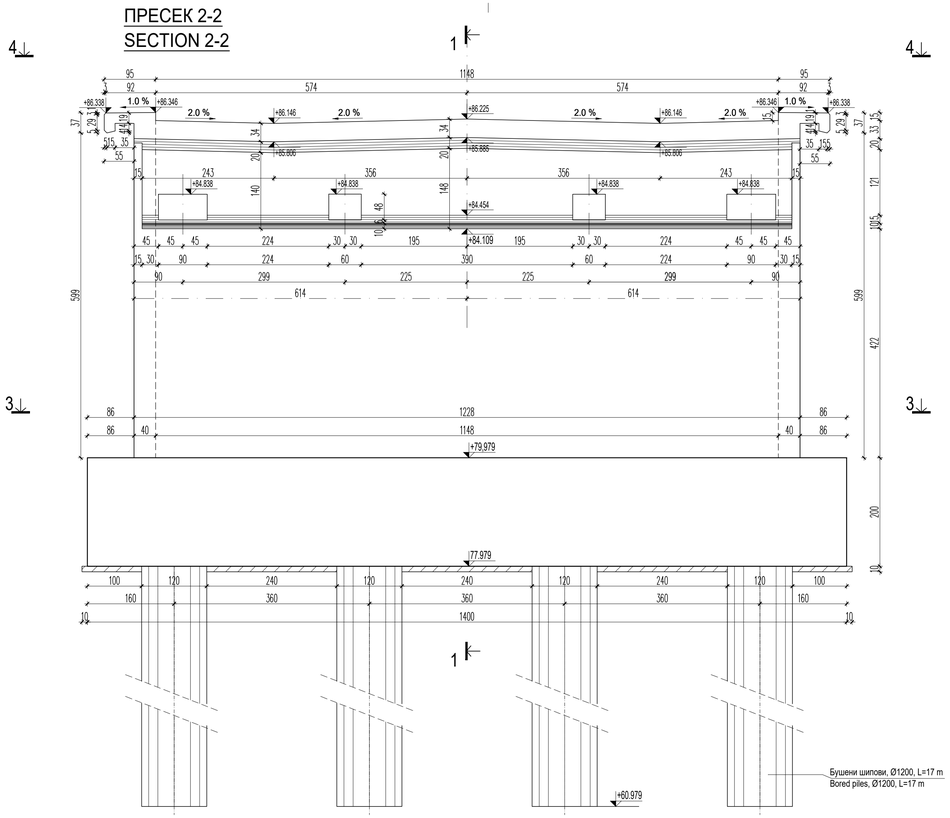
ПРЕСЕК 3-3
SECTION 3-3



ПРЕСЕК 1-1
SECTION 1-1



ПРЕСЕК 2-2
SECTION 2-2



МОСТ у km 110+351.21
BRIDGE at km 110+351.21

ОПЛАТА ОБАЛНОГ СТУБА С2
ABUTMENT FORMWORK S2

P/Sc 1:50

Број/Number	Датум / Date	Опис / Description
03		
02		
01		

Ревизиони блок: / Revision block:

China Railway Design Corporation Serbia Ogranak Beograd
Косте Рацина 166; 11000 Београд; Србија

Организациона јединица: ГРАЂЕВИНАРСТВО И САОБРАЋАЈ
Organization unit: DEPARTMENT OF CIVIL AND TRANSPORTATION

Одговорни пројектант: / Responsible designer:
Зоран Луковић, дипл.грађ.инж
лиценца број: / license No.: 310 3032 03

Сарадници: / Associates:
Новак Веловић, дипл.грађ.инж
Нинослав Миленковић, дипл.грађ.инж
Ана Веловић, дипл.грађ.инж
Милена Милићевић, дипл.грађ.инж

Руководилац пројекта: / Employer:
China Railway International Corporation Ltd. No.10, Fuxing Road,Haidian District,Beijing P.R. China, 100844
China Communication Construction Company Ltd. (CCCC) No.85, Deshengmenwai Street,Xicheng District,Beijing P.R. China, 100088

Пројекат/Structure:
ПРУГА БЕОГРАД - СУБОТИЦА - ДРЖАВНА ГРАНИЦА (КЕЛЕБИЈА)
ДЕОНИЦА ПРУГЕ НОВИ САД - СУБОТИЦА - ДРЖАВНА ГРАНИЦА (КЕЛЕБИЈА)
BELGRADE - SUBOTICA - STATE BORDER (KELEBIA) RAILWAY LINE
SECTION : NOVI SAD - SUBOTICA - STATE BORDER (KELEBIA)

Део пројекта / Part of Design:
ПРОЈЕКАТ КОНСТРУКЦИЈА / DESIGN OF CONSTRUCTION

2/1.1.20 Пројекат моста на км 110+351.21
2/1.1.20 Bridge at km 110+351.21

Унутрашња контрола / Internal control:
Hou Jieping. Master & Shi Wei. Bachelor

Главни пројектант / Chief designer:
др Љиљана Милић Марковић, дипл.грађ.инж.

Руководилац организационе јединице:
Manager of organization unit:
др Љиљана Милић Марковић, дипл.грађ.инж.

Цртеж/Drawing: ОПЛАТА ОБАЛНОГ СТУБА С2 / ABUTMENT FORMWORK S2

Размера: Scale: 1:50

Врста тех. док.: Type of tech. docum.: ПГД / DCP

Датум/date: 04.2021.

Цртеж број/Drawing No.: 2020-001-ГС-2/1.1.20.Ц06